REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

SHOUT
SHARE
IT

Lille. — Imprimerie Le Bigot Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc, 25.

QK1
.R44
1907
v.19

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1907

Mo. Bot. Garden
1908

REMARQUES

SUR L'APPAREIL SÉCRÉTEUR DU FRUIT DES OMBELLIFÈRES

A PROPOS D'UN FRUIT ANORMAL DE FENOUIL

par M. Maurice THOUVENIN

L'appareil sécréteur du fruit des Ombellifères comprend, comme on sait, deux systèmes de canaux sécréteurs.

Les uns accompagnent les faisceaux libéro-ligneux sous-jacents aux côtes primaires, ils continuent dans le fruit les canaux péricycliques de la tige; les autres, connus sous les noms de *bandelettes* ou encore de *vittæ*, se trouvent dans la partie interne du mésocarpe, au dessous des dépressions longitudinales appelées vallécules; M. Moynier de Villepoix rattache les bandelettes au système des canaux sécréteurs du parenchyme général de la plante.

A la vérité, un certain nombre d'Ombellifères ont un fruit dans lequel l'appareil sécréteur n'offre pas exactement tous les caractères qui viennent d'être indiqués.

Assez souvent, en effet, les canaux sécréteurs caulinaires font défaut; plus rarement (Hydrocotylées) ce sont les bandelettes; enfin une ou deux espèces ont un fruit dans lequel on n'a pu, jusqu'à présent, voir aucun canal sécréteur.

Il est nécessaire de faire observer que chez quelques espèces (*Anthriscus sylvestris* par exemple), on a remarqué que l'un des systèmes de canaux sécréteurs, bien visible dans le fruit jeune, s'atrophie, puis disparaît à la maturité.

Ne pourrait-on supposer que dans le fruit des Ombellifères où l'un des deux systèmes de canaux sécréteurs fait défaut, ce système n'en existerait pas moins en puissance ? Sous des influences encore inconnues, il aurait disparu par un phénomène de régression, transmissible par hérédité.

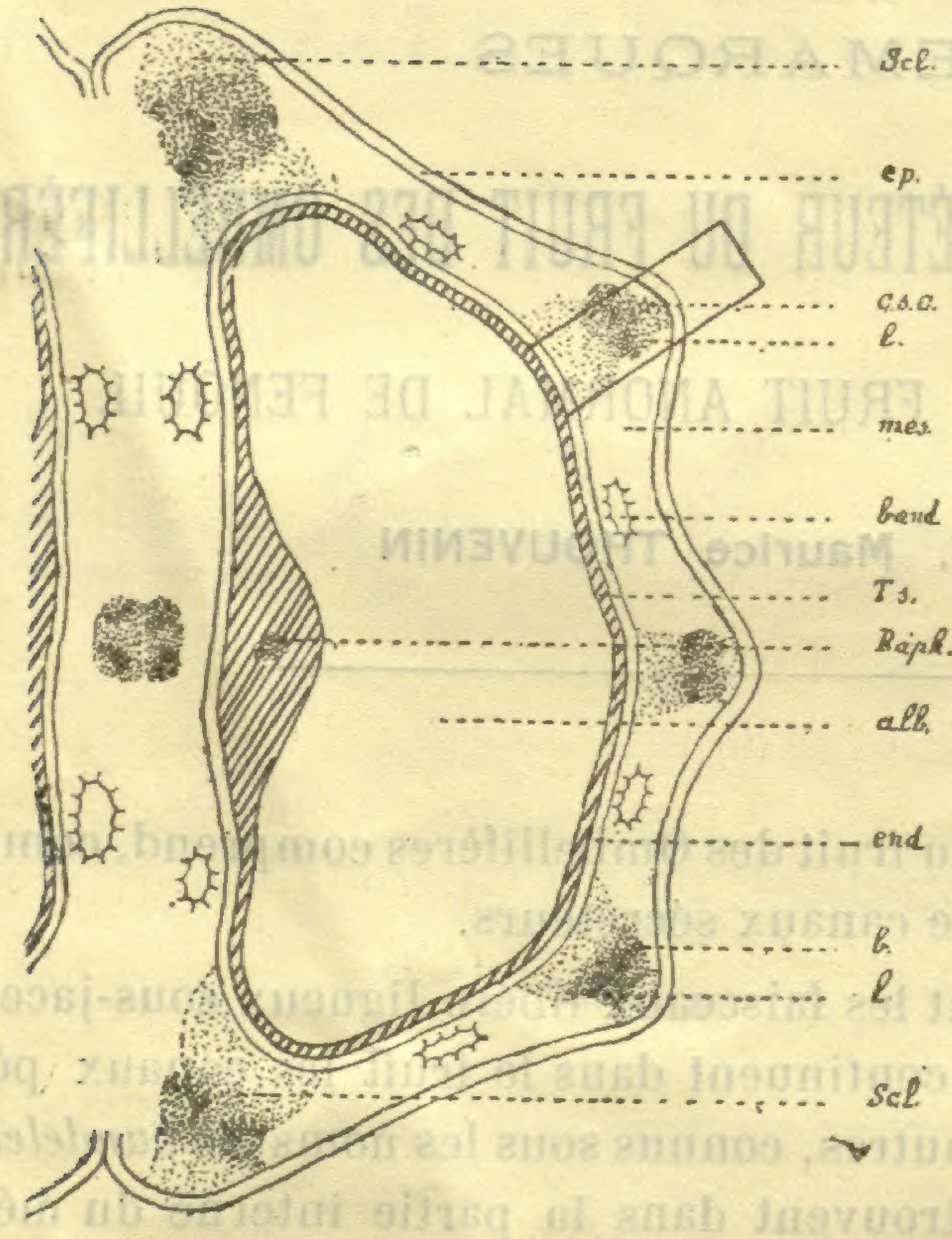


Fig. 1. — Fruit anormal de Fenouil doux (Dessin schématique).

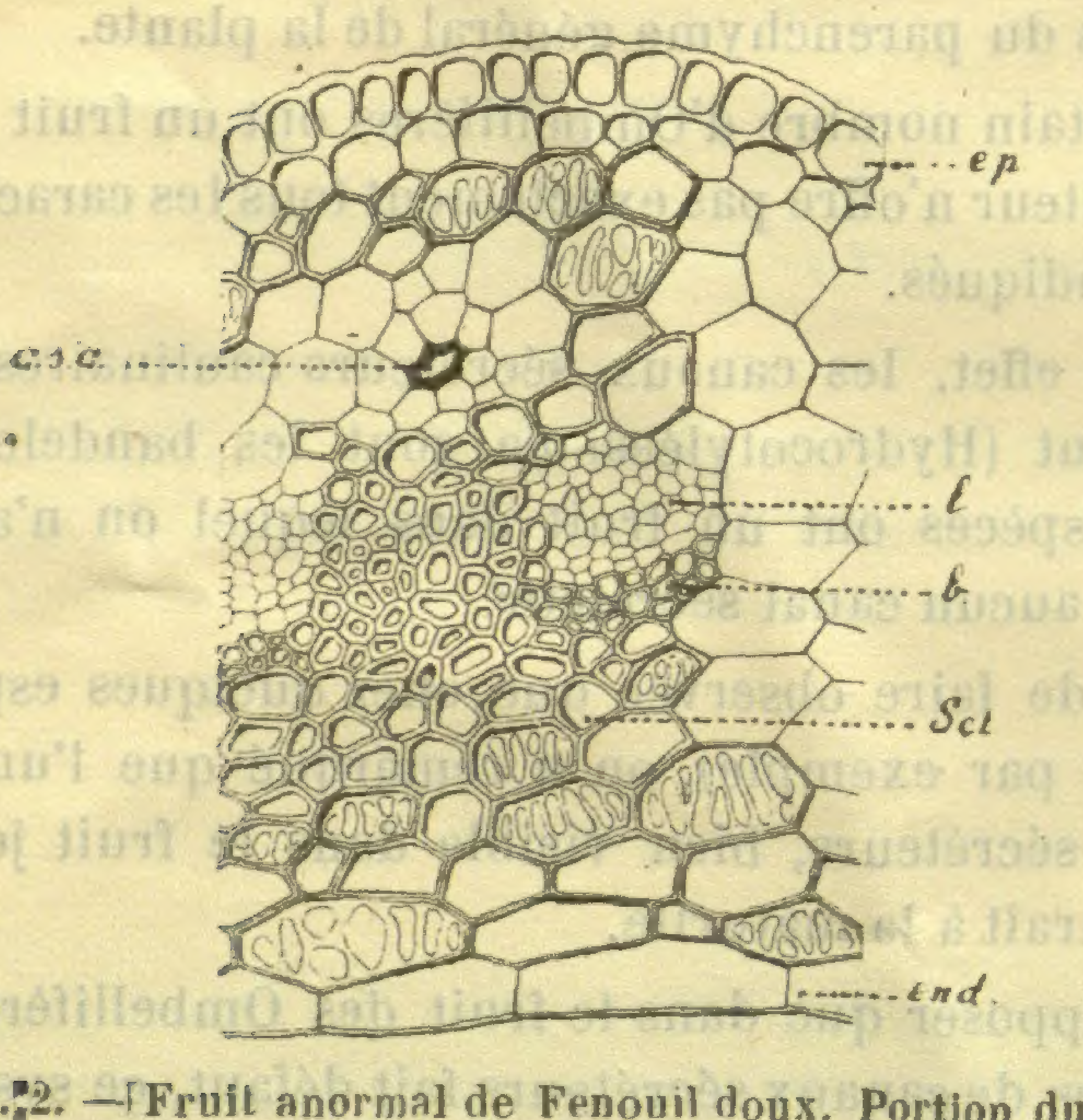


Fig. 2. — Fruit anormal de Fenouil doux. Portion du péricarpe contenant le canal sécréteur caulinaire. *ep.*, épicarpe; *mes.*, mésocarpe; *end.*, endocarpe; *b.*, bois; *l.*, liber; *scl.*, sclérenchyme; *band.*, bandelette; *c. s. c*, canal sécréteur caulinaire; *t. s.*, tégument séminal; *raph.*, raphé; *alb.*, albumen.

L'observation a montré que des caractères disparus, ou plutôt en sommeil, réapparaissent accidentellement, chez certains individus, en totalité ou en partie. Par conséquent, si l'hypothèse qui vient d'être avancée était vraie, il se pourrait que chez des espèces dont le fruit manque soit de bandelettes, soit de canaux sécréteurs caulinaires, quelques individus produisent un ou plusieurs fruits ayant au moins une bandelette ou un canal sécréteur caulinaire.

C'est précisément un tel retour partiel au type ancestral que j'ai l'occasion de signaler dans un fruit de Fenouil doux.

Actuellement, en fait d'appareil sécréteur, le fruit normal du Fenouil ne comporte, dans chaque méricarpe, que six bandelettes; deux sont symétriquement placées sur la face commissurale de chaque côté du raphé, les quatre autres sont logées dans les vallécules qui séparent les côtes.

Des coupes faites dans de très jeunes fruits ont montré qu'au moment de son développement, le fruit de Fenouil ne possédait pas de canaux sécréteurs caulinaires.

Or, au cours d'une séance de travaux pratiques consacrée à l'étude du fruit de Fenouil, l'un des mes élèves, M. Sollaud, a remarqué, avec moi, un canal sécréteur caulinaire dans l'un des méricarpes du fruit qu'il examinait (fig. 1 et 2).

Ce petit fait tératologique ne doit pas être très fréquent car je le constate pour la première fois, et certainement c'est par plusieurs centaines que devrait se chiffrer le nombre des fruits d'Ombellifères dont les coupes ont été soumises à mon examen.

RECHERCHES SUR LA RESPIRATION DE LA FLEUR

par **M. A. MAIGE**

INTRODUCTION

L'étude de la respiration de la fleur aux différents stades de son développement a fait, jusqu'à présent, l'objet de recherches peu nombreuses, et dont les résultats sont d'ailleurs contradictoires.

Le premier physiologiste qui se soit occupé de cette question est de Saussure (1) dont les expériences portèrent sur les fleurs des *Cucurbita Melo-pepo*, *Hibiscus speciosus*, *Passiflora serratifolia* prises au moment de leur épanouissement et *immédiatement* avant et après ; les résultats de ses expériences sont devenus classiques et il est admis très généralement, conformément aux conclusions de ce savant physiologiste, que c'est au moment même de l'épanouissement que l'intensité respiratoire de la fleur (rapportée dans les expériences de de Saussure à l'oxygène absorbé et à l'unité de poids frais) est la plus grande.

Plus tard Cahours (2) en 1864, dans une communication à l'Académie des Sciences, émit des conclusions tout opposées. Voici comment s'exprimait cet expérimentateur, dans la note un peu sommaire qu'il a publiée sur cette question, et où il ne mentionne aucune des espèces étudiées.

« La fleur qui commence à se développer, dégage un peu plus de CO^2, que celle qui a atteint son complet développement, ce qui peut s'expliquer par une action vitale plus puissante » et encore « La consommation d'oxygène est presque toujours un peu plus forte avec le bouton qu'avec la fleur très épanouie, résultat qui ne doit pas surprendre, quand on songe que dans le premier cas la force de vitalité est plus grande que dans le second. Néanmoins les différences observées sont toujours très faibles. »

---

(1) De Saussure : *De l'action des fleurs sur l'air* (Ann. de Chim. et de Phys. t. XXI, 1822).

(2) Cahours : *Recherches sur la respiration des fleurs* (C.-R. Ac. Sc., vol. 58, p. 1206, 1864).

Les résultats obtenus par Cahours, furent ultérieurement confirmées par les expériences de Curtel (1) sur les *Iris sambucina*, *Linaria vulgaris*, *Anemone Japonica ;* ce dernier expérimentateur trouva même que les boutons de ces trois plantes, quoique pesant parfois beaucoup moins (le 1/3 chez l'*Iris sambucina*) que les fleurs épanouies, respiraient individuellement avec plus d'intensité.

Les résultats contradictoires obtenus par les physiologistes précédents n'ont *a priori* rien qui doive surprendre. De Saussure et Curtel par exemple ont opéré sur un petit nombre d'espèces et sur des espèces différentes ; or rien ne permet de prévoir, *a priori*, que chez toutes les plantes l'intensité respiratoire de la fleur doive varier dans le même sens au cours du développement ; toutefois, en présence des divergences précédentes, il est permis de se demander quelle est la loi à laquelle elle obéit dans la plupart des cas, et de rechercher si, comme il est admis communément, c'est la fleur épanouie qui possède d'ordinaire l'intensité respiratoire la plus forte, ou si au contraire celle du bouton lui est supérieure. C'est là un premier point que je me suis proposé d'élucider dans ce travail. Mes expériences ont porté dans ce but sur vingt et une espèces, appartenant aux familles les plus diverses prises au hasard parmi les plantes qui fleurissaient aux mois d'août et de septembre 1905 à Fontainebleau et au mois de décembre à Alger.

Une critique peut encore être adressée aux auteurs des travaux précédents ; c'est, dans l'étude de l'intensité respiratoire de la fleur avant l'épanouissement, de n'avoir expérimenté que sur un seul stade de développement du bouton. Or, dans chaque espèce, il y a des boutons floraux de dimensions très variées, et présentant des états très divers de développement ; il est donc nécessaire d'envisager plusieurs de ces stades, si l'on veut avoir une idée complète des variations de l'intensité respiratoire de la fleur au cours de son développement.

Je me suis préoccupé, dans ce travail, de me mettre à l'abri de cette critique, en prenant, autant que possible, les boutons à trois stades très différents : un stade très jeune correspondant aux boutons les plus petits qu'il fut possible de trouver, un stade correspondant aux boutons les plus gros, aussi voisins que possible de l'épanouissement, et enfin un stade intermédiaire correspondant à des boutons de dimensions moyennes.

---

(1) Curtel : *Recherches physiologiques sur la fleur* (Thèse de Paris 1899).

J'ai mesuré l'intensité respiratoire par le volume de CO^2 dégagé par un gramme de poids frais pendant une heure ; ce mode d'évaluation est celui qui a été le plus usité dans les travaux sur la respiration ; on peut lui adresser cette critique que le poids des organes végétaux, et de la fleur en particulier, varie beaucoup avec leur teneur en eau, et par suite avec les circonstances extérieures de sécheresse et d'humidité ; d'autre part, la proportion d'eau du bouton et de la fleur ne varie pas suivant ces circonstances proportionnellement ; on peut constater aisément par des pesées qu'après quelques jours de sécheresse la fleur épanouie a perdu, relativement, une proportion d'eau beaucoup plus forte que le jeune bouton.

Il était donc indispensable, si l'on voulait comparer les résultats obtenus avec des espèces différentes, de s'adresser autant que possible à des plantes saturées d'eau. A cet égard, les périodes, pendant lesquelles j'ai expérimenté, ont été suffisamment pluvieuses, pour que j'aie pu opérer sur des plantes remplissant sensiblement cette condition.

J'ai été amené également à étudier pour chaque espèce la variation, au cours du développement, de l'intensité respiratoire d'une fleur prise isolément. D'après les recherches de Curtel, citées plus haut, les boutons respireraient individuellement plus fortement que les fleurs épanouies. Or, si le fait n'a rien d'impossible pour les boutons de dimensions moyennes sur lesquels Curtel a expérimenté, il devient tout à fait invraisemblable pour les boutons extrêmement jeunes, dont le poids peut être vingt fois et même davantage plus petit que celui de la fleur épanouie. Des résultats obtenus par Curtel, on peut donc déduire *a priori* que chez un certain nombre d'espèces, l'intensité respiratoire rapportée à la fleur prise isolément passe par un maximum au cours du développement. C'est en partant de cette déduction, et dans le but d'en vérifier la plus ou moins grande généralité, que j'ai rapporté également au cours de mes expériences l'intensité respiratoire à la fleur prise individuellement.

J'ai étudié également chez une douzaine d'espèces les variations du poids sec au cours du développement ; la comparaison avec celles de l'intensité respiratoire (rapportée au poids frais) permet de déduire la marche de l'intensité respiratoire rapportée au poids sec. Je tiens à rappeler que l'étude de la variation du poids sec de la fleur pendant sa croissance a déjà fait l'objet de recherches de la part de Jumelle (1), qui a trouvé que c'est au moment de l'épanouissement que la proportion d'eau dans la fleur est le plus grande.

Ce travail comprend trois parties : la première est relative aux procédés expérimentaux employés, la seconde aux expériences, la troisième comprend enfin l'exposé des résultats et leur comparaison avec ceux qui ont été déjà obtenus pour la feuille.

I. — Procédés expérimentaux.

J'ai employé la méthode de l'air confiné. Je me servais à cet effet de plusieurs séries d'éprouvettes, jaugées au préalable soigneusement, jusqu'à un niveau marqué par le bord inférieur d'une étiquette. Dans chaque série les éprouvettes, de même diamètre intérieur, avaient été jaugées au même volume, variable d'ailleurs d'une série à une autre. Les volumes sur lesquels j'ai expérimenté ont été de 4, 10, 15, 18, 45 centimètres cubes.

Voici la description d'une expérience. Sur une plante ou sur plusieurs plantes de la même espèce, vivant côte à côte dans les mêmes conditions de milieu, on prélève plusieurs lots de fleurs à différents états de développement, généralement trois de boutons et un de fleurs fraîchement épanouies. Après avoir pesé ces différents lots et compté le nombre de fleurs de chacun d'eux, on les introduit, de deux en deux minutes, dans des éprouvettes d'une même série renfermant de l'air atmosphérique normal. En même temps que les fleurs, on fait pénétrer dans chaque éprouvette l'une des branches d'un tube de verre de petit calibre coudé en V, et on renverse le tout sur la cuve à mercure.

L'air intérieur de l'éprouvette étant ainsi en communication avec l'air extérieur par le tube en V, on amène le bord inférieur de l'étiquette à toucher très exactement son image dans le bain de mercure. On retire alors le tube coudé en fermant son extrémité libre avec le doigt, et on a ainsi isolé dans l'éprouvette, avec un poids connu de fleurs, un volume d'air à la pression atmosphérique sensiblement égal au volume jaugé à l'avance. L'éprouvette est alors retirée de la cuve à mercure, à l'aide d'un petit cristallisoir sur lequel elle repose, et recouverte d'un manchon de papier noir. L'opération, avec un peu d'habitude, dure environ une minute pour chaque lot de fleurs.

---

(1) Jumelle : *Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles.* (Revue générale de Botanique. t. I, p. 323.)

Avant l'introduction des fleurs, on a pris la précaution de déposer au fond de chaque éprouvette une gouttelette d'eau, de manière à saturer d'humidité l'air où respirent les fleurs, et à couvrir la surface du mercure d'une buée qui suffit à empêcher la formation de vapeurs mercurielles toxiques. Au bout d'un temps qui varie de deux à six heures, on fait, après brassage, une prise de gaz dans chacune des éprouvettes, que l'on reporte à cet effet l'une après l'autre sur la cuve à mercure, dans l'ordre où elles ont été mises en expérience et au même intervalle de temps. On note la durée de l'expérience et les températures initiales et finales de l'air du laboratoire. La proportion en pour cent de l'acide carbonique de chaque éprouvette est dosée à l'aide de l'appareil à analyses de Bonnier et Mangin.

Dans un certain nombre d'espèces, on évalue également la variation du poids sec au cours du développement de la fleur, en prélevant, en même temps que les échantillons étudiés au point de vue respiratoire, des lots comparables, qui sont pesés et soumis à la dessiccation dans une étuve à 100°. Tous les jours ces différents lots sont pesés de nouveau avec les précautions ordinaires jusqu'à ce que leur poids ait cessé de décroître.

A l'aide des données précédentes, il est facile de calculer la quantité de CO^2 dégagée, aux différents états de développement, par un gramme de poids frais de fleurs, ou par une fleur. De la connaissance de l'intensité respiratoire rapportée au poids frais, et de celle de la quantité de substance sèche contenue dans un gramme de poids frais on déduit facilement la valeur de l'intensité respiratoire rapportée au poids sec.

Erreurs d'expériences. — Si v est le volume de CO^2, évalué à la température et à la pression initiales, dégagé pendant la durée d

de l'expérience par le poids p de fleurs de l'un des lots, le volume dégagé par un gramme de poids frais de ce même lot pendant une heure sera de $\frac{v}{pd}$ et par une fleur $\frac{v}{Nd}$ N étant le nombre des fleurs.

Les erreurs d'expérience peuvent porter dans l'appréciation de p, d, v, le nombre N de fleurs ou de boutons pouvant toujours être évalué exactement. Les durées d'expérience peuvent toujours être calculées à 1/2 minute près ; comme elles ont varié de 2 à 6 heures, on voit que l'erreur relative commise dans leur appréciation est comprise entre $\frac{\frac{1}{2}}{2 \times 60}$ et $\frac{\frac{1}{2}}{6 \times 60}$ c'est-à-dire est très faible plus faible que $\frac{1}{200}$ Le poids p a été en général évalué à 1 milligramme près ; comme ce poids a été dans mes expériences toujours supérieur à 0,100 gr., on voit que l'erreur relative commise dans son évaluation est plus petite que $\frac{1}{100}$ Ce sont les erreurs commises sur v qui sont les plus nombreuses et les plus grandes.

Si V' est le volume final supposé ramené aux conditions de température et de pression initiales et $\frac{n}{100}$ le pour cent en gaz carbonique qu'il renferme on aura

$$v = \frac{n}{100} V'$$

Les erreurs commises sur v résultent de celles faites dans la détermination de n et de V'.

L'appareil Bonnier et Mangin, convenablement manipulé, permet de calculer facilement n avec une erreur absolue plus petite que 0,03 ; on peut même, quand il est nécessaire, atteindre une plus grande précision ; on a donc intérêt, pour rendre l'erreur relative la plus faible possible, à augmenter n, c'est-à dire à prolonger les expériences et à opérer sur de faibles volumes. Il est rare que n ait été au cours de mes expériences inférieur à 3 ; donc l'erreur relative a été presque dans tous les cas $< \frac{0,03}{3} = \frac{1}{100}$ Le volume final V' ne diffère du volume initial V que par la faible contraction résultant de la valeur plus petite que 1 du rapport $\frac{CO^2}{O^2}$; en substituant ces deux volumes l'un à l'autre on commet une erreur relative qu'un calcul facile montre égale à

$$\frac{n}{100} \quad \frac{1-k}{k}$$

n représentant la teneur en CO^2 de l'air final et k la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O^2}$. En prenant comme valeurs moyennes dans mes expériences 7 pour n et 0,8 pour k, on voit que l'erreur moyenne commise sera en général $< \frac{2}{100}$. Il est d'ailleurs important de remarquer que cette erreur se répète dans le même sens pour tous les lots en expérience, et que par suite elle ne peut avoir qu'une influence des plus faibles sur la marche des résultats.

Les autres erreurs dans l'évaluation de V' seront celles que l'on commet dans celle de V. Ces dernières proviennent : 1° de l'exactitude plus ou moins grande avec laquelle on apprécie le moment où le bord inférieur de l'étiquette touche son image dans le bain de mercure. 2° de la dépression du mercure au contact des parois intérieures et extérieures de l'éprouvette. 3° de la dépression capillaire du mercure à l'intérieur de l'éprouvette. 4° du volume occupé par la partie du tube de communication qui plonge dans l'éprouvette.

La première de ces erreurs est très faible. Le moment où le bord inférieur de l'éprouvette touche son image dans le mercure peut être apprécié à 1/3 de millimètre près, ce qui, pour les éprouvettes de 10 et 18 centimètres cubes qui ont été le plus souvent employées (17 fois sur 23) et qui ont un diamètre intérieur respectif de 14^{mm} et 16^{mm}, occasionne des erreurs absolues de

$$\pi \times \frac{1{,}4^2}{4} \times \frac{0{,}1}{3} = 0^{cm^3}{,}051$$

$$\pi \times \frac{1{,}6^2}{4} \times \frac{0{,}1}{3} = 0^{cm^3}{,}067$$

et des erreurs relatives de

$$\frac{0,051}{10} < \frac{1}{100}$$

$$\frac{0,067}{18} < \frac{1}{200}$$

Cette erreur très faible peut affecter le volume en plus ou en moins.

Les autres erreurs sont faciles à calculer pour chaque série d'éprouvettes. Prenons par exemple les éprouvettes de 10 centimètres cubes.

L'abaissement du niveau du mercure dans ces éprouvettes dû à la capillarité est de $0^{mm},2$. et tend à augmenter le volume de l'air ; il en est de même de la dépression du mercure au contact de la paroi interne de l'éprouvette ; le volume de cette dernière, d'après les tables de Desains (1), est égal à celui d'un cylindre ayant pour base la section de l'éprouvette et une hauteur de $0^{mm},610$. En somme, l'ensemble des deux causes d'erreur précédentes tend à augmenter la colonne d'air de l'éprouvette d'une hauteur de $0^{mm}610 + 0^{mm}2 = 0^{mm}810$.

D'autre part, le bord inférieur de l'étiquette vient toucher son image dans le mercure, à un niveau inférieur à la surface libre de ce dernier, et distant de celle-ci de la légère dépression de $1^{mm}51$ (d'après Desains) que le mercure éprouve au contact de la paroi externe du verre de l'éprouvette. Cette cause d'erreur tend à réduire de la même hauteur la longueur de la colonne d'air de l'éprouvette.

En résumé, on voit que toutes ces actions moléculaires ont pour effet résultant de diminuer la colonne d'air de l'éprouvette d'une hauteur de

$$1^{mm}51 - 0^{mm}810 = 0^{mm}70$$

ce qui correspond à un volume de

$$\pi \times \frac{1,4^2 \times 0^{cm}070 = 0^{cm^3}107}{4}$$

Ajoutons à ce volume $0^{cm^3}023$, qui proviennent de l'air déplacé par la partie du tube en V qui plonge dans l'air de l'éprouvette d'une longueur de 3^{mm} dans toutes les expériences et nous obtenons une erreur absolue totale de $0^{cm^3}130$ et une erreur relative de

$$\frac{0,13}{10}.$$

---

(1) Desains : *Recherches sur les phénomènes capillaires* (Ann. de Chim. et de Phys., 1857).

Cette erreur est, comme on le voit, très faible ; elle est d'ailleurs la même pour toutes les éprouvettes d'une même série et par suite elle ne peut avoir d'influence sensible sur la marche des résultats ; cette erreur affecte le volume en sens inverse de celle commise en prenant V pour V' et la compense ainsi dans une certaine mesure.

Pour calculer le volume initial V, il est indispensable de tenir compte du volume des fleurs. Si l'on admet, en effet, ce qui est sensiblement exact, que le poids spécifique de la fleur est égal à 1, un lot de fleur pesant par exemple 1 gramme possèdera un volume de 1 centimètre cube, et occupera un volume relatif de $\frac{1}{10}$ dans une éprouvette de 10 centimètres cubes par exemple. L'erreur commise en négligeant ce volume serait beaucoup trop forte ; elle serait de plus très variable pour les divers lots d'une même expérience, dont les poids présentent souvent des différences assez grandes.

J'ai vérifié sur plusieurs fleurs que le poids spécifique était très voisin de 1, et j'ai calculé l'erreur relative commise en faisant cette hypothèse, soit sur le volume de la fleur, soit sur le volume de l'air de l'éprouvette. J'évaluais le volume des fleurs par la méthode du flacon ; je prenais soin de faire dégager les bulles d'air emprisonnées entre les pièces florales ou à l'intérieur de leurs tissus, en plaçant le flacon pendant 24 heures sous une cloche ou je faisais le vide. Le tableau de la page 17 donne les résultats des expériences que j'ai faites à ce sujet.

L'erreur relative commise sur le volume de l'air, qui figure sur la dernière colonne de ce tableau, a été calculée en prenant pour volume de l'éprouvette, le volume dans lequel ont été placées les espèces correspondantes, dans le cours des expériences sur la respiration.

Ces expériences, quoique ne présentant qu'une précision assez approximative, à cause de la difficulté d'enlever toutes les bulles d'air renfermées dans les fleurs ou dans les boutons, suffisent cependant à montrer que la densité des tissus floraux peut être considérée, sans erreur appréciable, comme égale à l'unité. L'erreur commise de ce chef sur l'évaluation du volume de l'air de l'éprouvette est plus petite que $\frac{1}{100}$ et par conséquent est de même ordre que les autres erreurs commises dans l'évaluation du volume.

Enfin, il était nécessaire de s'assurer, au préalable, que les blessures produites par la section des pédoncules floraux, n'entraînaient pas de différences sensibles dans l'activité respiratoire des fleurs mises en expérience. J'ai opéré dans ce but sur différentes plantes, dont les inflorescences sont compactes, et j'ai comparé les intensités respiratoires de deux inflorescences prises au même état de développement; dans l'une, l'inflorescence entière avait été coupée à sa base ; dans l'autre, les fleurs avaient été séparées de leurs pédoncules et mises seules en expérience.

ESPÈCE EN EXPÉRIENCE	POIDS en grammes	VOLUME en centimètres cubes.	POIDS spécifique.	ERREUR RELATIVE commise sur le volume de la fleur.	ERREUR RELATIVE commise sur le volume de l'air de l'éprouvette V = volume de l'éprouvette.
Boutons jeunes de *Verbascum Thapsus*	1,037	0,969	1,08	$\frac{0{,}068}{0{,}969} < \frac{8}{100}$	V = 18 $\frac{0{,}068}{18 - 0{,}969} < \frac{1}{200}$
Fleurs fraîchement épanouies de *Verbascum Thapsus*	1,670	1,613	1,03	$\frac{0{,}057}{1{,}613} < \frac{4}{100}$	V = 18 $\frac{0{,}057}{18 - 1{,}613} < \frac{1}{200}$
Fleurs très jeunes de *Reseda lutea*	0,302	0,281	1,07	$\frac{0{,}021}{0{,}281} < \frac{8}{100}$	V = 10 $\frac{0{,}021}{10 - 0{,}281} < \frac{1}{300}$
Fleurs fraîchement épanouies de *Canna Indica*	1,388	1.371	1,01	$\frac{0{,}017}{1{,}371} < \frac{2}{100}$	V = 45 $\frac{0{,}017}{45 - 1.371} < \frac{1}{2000}$
Fleurs mâles fraîches de *Cucumis sativus*	2,335	2,210	1,05	$\frac{0{,}125}{2{,}210} < \frac{6}{100}$	V = 18 $\frac{0{,}125}{18 - 2{,}210} < \frac{1}{100}$

Voici les résultats obtenus :

	CO^2 dégagé par gramme-heure en centimètres cubes
Achillea Millefolium	
$t = 21^\circ$:	
Capitules très jeunes séparés de leurs pédoncules .	0,505
Capitules réunis en plusieurs petits corymbes . .	0,481
Reseda lutea	
$t = 25^\circ$:	
Fleurs très jeunes séparées de leurs pédoncules .	1,52
Fleurs très jeunes en grappes.	1,37
Fleurs complètement développées séparées de leurs pédoncules	1.51
Fleurs complètement développées réunies en grappes	1,39
Oxalis Cernua	
$t = 20^\circ$:	
Boutons très jeunes séparés de leurs pédoncules .	0,454
Boutons très jeunes réunis en inflorescence serrée.	0,441

Les différences observées sont comme on le voit très petites, et encore une partie doit être attribuée non aux traumatismes, mais à la différence des intensités respiratoires de la fleur et du pédoncule, cette dernière étant vraisemblablement la plus faible (par comparaison avec la feuille). On peut donc considérer que les sections pratiquées à la base des fleurs n'ont aucune influence sensible sur les résultats.

En résumé, on peut évaluer que l'erreur relative commise dans les résultats est en général inférieure à 2 °/o. En appliquant par exemple à l'intensité respiratoire rapportée au poids frais, on voit que dans la plupart des cas, le chiffre des centièmes sera exact, et dans quelques-uns, calculé à 1 ou 2 unités près. En ce qui concerne la respiration rapportée au poids sec, on constatera aisément que l'erreur relative restera sensiblement la même, mais que l'erreur absolue sera plus forte et pourra atteindre dans certains cas de 1 à 2 dixièmes.

II. Expériences

J'ai indiqué suffisamment dans les chapitres précédents la technique des expériences et les erreurs qu'elles comportent pour n'avoir pas à revenir sur ce point ; les résultats en sont consignés dans les tableaux ci-joints. J'ai désigné sous le nom de boutons petits et de boutons gros, les deux stades extrêmes de développement du bouton ; l'état le plus jeune sur lequel il soit pratiquement possible d'expérimenter et l'état le plus avancé avant l'épanouissement.

Toutes les fois que la quantité des échantillons l'a permis, j'ai étudié quatre et même cinq stades de développement ; pour certaines espèces où je n'ai eu à ma disposition que des échantillons peu nombreux, mes expériences n'ont porté que sur deux ou trois stades : chez un petit nombre de plantes j'ai compris le début de la fanaison parmi les stades expérimentés.

Le tableau I est relatif aux expériences sur les intensités respiratoires rapportées au poids frais et à la fleur prise individuellement : la dernière colonne de ce tableau représente les rapports des intensités respiratoires (rapportées au poids frais) de la fleur à ses divers états de développement, à celle de la fleur fraîchement épanouie prise pour unité ; l'examen des chiffres qu'elle renferme permet de reconnaître immédiatement, comment et dans quelle proportion varie dans une espèce donnée l'intensité respiratoire de la fleur au cours du développement. C'est suivant la valeur et le sens de cette variation qu'a été établi l'ordre des espèces dans le tableau I.

Le tableau II est relatif aux variations, au cours du développement de la fleur, de la substance sèche, et de l'intensité respiratoire rapportée à l'unité de poids sec. Les chiffres de la sixième colonne représentent les rapports des quantités de substance sèche contenues dans un même poids de bouton et de fleur ; leur examen permet de reconnaître immédiatement la marche et la rapidité de la variation du poids sec, au cours du développement de la fleur, d'après lesquelles l'ordre des espèces du tableau II a eté établi. La colonne 8 représente les rapports des intensités respiratoires (rapportées au poids sec) de la fleur à ses divers états de développement à celle de la fleur fraîchement épanouie prise comme unité. Dans les deux tableaux la température indiquée pour chaque expérience a été obtenue en prenant la moyenne des températures initiale et finale.

Tableau I

ESPÈCES ÉTUDIÉES et conditions expérimentales.	ÉTATS de développement de la fleur.	POIDS des fleurs en grammes.	NOMBRE DES FLEURS.	Co^2 dégagé en pour cent.	Co^2 dégagé par gramme-heure en centimètres cubes	Co^2 dégagé par une fleur en centimètres cubes.	Rapport de l'intensité respiratoire du bouton à celle de la fleur.
Verbascum Thapsus d = 5^h t = 18° v = 18^{cc}	Petits boutons	1	33	13,54	0.460	0,0139	3,28
	Moyens boutons	1,015	13	11,37	0 380	0,0297	2,71
	Gros boutons	1,115	5	8,95	0,271	0,0604	1,93
	Fleurs fraîchement épanouies	1,018	2	4,22	0,140	0.0716	1
Aloe arborescens d = 2^h 30′ t = 17° v = 10^{cc}	Petits boutons	1,032	21	5,99	0,207	0,0102	2,83
	Moyens boutons	1,072	4	4,32	0,143	0,0385	1,95
	Gros boutons	1,751	2	4,18	0,078	0,0689	1,06
	Fleurs fraîchement épanouies	2,190	2	5,15	0,073	0.0804	1
Aristolochia bœtica d = 2^h 20′ t = 17° v = 10^{cc}	Boutons petits	0.143	24	1,62	0,478	0,0028	2,52
	Boutons moyens	0,335	20	3,04	0,375	0,0062	1,98
	Boutons moyens un peu plus gros	0,364	12	2,83	0,321	0,0097	1,69
	Gros boutons	0,644	7	3,27	0,203	0,0187	1,07
	Fleurs fraîchement épanouies	1,093	5	5,43	0,189	0,0415	1
Tecoma Capensis d = 3^h 30′ t = 15 . 5 v = 15^{cc}	Boutons petits	0,792	27	5,92	0,303	0,0089	2,26
	Boutons moyens	0,985	7	5,89	0,239	0,033	1,78
	Boutons gros	1,058	4	4.58	0,172	0,0456	1,28
	Fleurs fraîchement épanouies	1,386	4	4,78	0,134	0,0464	1
Linaria vulgaris d = 4^h t = 23° v = 18^{cc}	Boutons petits	0,220	15	4,62	0.933	0,0136	1,94
	Boutons moyens	0.280	10	4,87	0,770	0,0215	1,60
	Boutons gros	0.295	8	4,03	0,604	0,0222	1,26
	Fleurs fraîchement épanouies	0,330	7	3,58	0,479	0,0225	1
Bougainvillea Sanderiana d = 4^h t = 20° v = 4^{cc}	Boutons petits	0,125	21	7.37	0,571	0,0033	1,70
	Boutons moyens	0.131	9	5.41	0,399	0,0058	1,19
	Boutons gros	0,149	5	5,49	0,354	0,0105	1,05
	Fleurs fraîchement épanouies	0,199	5	7,00	0,334	0,0133	1
Canna Indica d = 6^h t = 26° v = 45^{cc}	Boutons petits	1,445	20	7,65	0,384	0,0277	1,55
	Boutons moyens	1,447	5	6.95	0,346	0,1002	1,39
	Boutons gros	1,517	2	6,67	0,318	0,2416	1,28
	Fleur épanouie fraîchement	1,395	1	4,77	0,248	0,3466	1
	Fleur commençant à se faner	1,165	1	3,22	0,200	0,1411	0,80
Narcissus Tazetta d = 2^h 15′ t = 16°, 5 v = 10^{cc}	Petits boutons	0.409	5	2,82	0,293	0,0240	1,55
	Boutons gros	0.539	4	2,84	0.221	0,0298	1,16
	Fleurs fraîchement épanouies	0,540	2	2,43	0,189	0,0510	1

ESPÈCES ÉTUDIÉES et conditions expérimentales.	ÉTATS de développement de la fleur.	POIDS des fleurs en grammes	NOMBRE DES FLEURS.	Co^2 dégagé en pour cent.	Co^2 dégagé par gramme-heure en centimètres cubes	Co^2 dégagé par une fleur en centimètres cubes	Rapport de l'intensité respiratoire du bouton à celle de la fleur.
Hypericum perforatum d = 4h, 30′ t = 21° v = 10cc	Boutons très jeunes..	0.395	100	14,50	0,783	0,0030	1,47
	Boutons moyens.....	0.400	22	11,80	0,629	0,0114	1,18
	Boutons gros	0,390	13	10,45	0,572	0,0171	1,07
	Fleurs fraîchement épanouies......	0.410	9	10,24	0,532	0,0242	1
Œnothera biennis d = 4h t = 20° v = 45cc	Boutons petits......	0,999	15	4.09	0,450	0,0299	1,47
	Boutons moyens....	1.528	10	5.28	0,375	0,0573	1.22
	Boutons gros.......	2,163	5	6,17	0,305	0,1321	1,00
	Fleurs fraîchement épanouies.......	2,375	4	6,82	0.306	0,1816	1
Œnothera biennis d = 3h 30′ t = 20° v = 18cc	Boutons gros........	1,183	3	7,34	0.315	0,1175	1.07
	Fleurs fraîchement épanouies.......	1,279	2	7,86	0,293	0,1877	1
	Fleurs commençant à se faner..........	1,017	2	5,17	0,246	0,1254	0,8
Veronica spicata d = 6h t = 20°, 5 v = 10cc	Boutons petits......	0,151	52	5,36	0,582	0,0016	1,46
	Fleurs fraîchement épanouies........	0,207	30	5,05	0,398	0,0027	1
Oxalis cernua d = 5h t = 15° v = 10cc	Boutons très jeunes..	0,345	38	5,20	0,291	0.0026	1,45
	Boutons moyens.....	0.356	11	4,72	0,255	0,0082	1,27
	Boutons gros........	0,302	5	3.34	0,214	0,0129	1,07
	Fleurs fraîchement épanouies........	0,448	4	4,67	0,200	0.0223	1
Pelargonium zonale d = 4h t = 21° v = 18cc	Boutons petits.......	1,020	53	10,33	0,429	0,0082	1.31
	Boutons moyens.....	1,015	14	9,45	0,383	0,0286	1,17
	Fleurs à demi épanouies...........	1,140	8	8,84	0.326	0,0465	1
Clematis vitalba d = 4h, 25′ t = 16° v = 18cc	Boutons petits.......	0,695	10	4,48	0,253	0.0175	1,21
	Boutons moyens....	1;067	9	5,71	0,200	0.0243	0,98
	Gros boutons légèrement entrouverts.	1,217	6	6,30	0,196	0,0400	1,02
	Fleurs fraîchement épanouies........	1,267	6	7,00	0,209	0,0442	1
Ricinus communis (Fleurs mâles) d = 6h t = 17° v = 10cc	Boutons petits.......	0,617	15	12,55	0,317	0,0130	1.16
	Boutons moyens.....	0,710	4	12,84	0,280	0,0497	1,03
	Fleurs s'épanouissant.............	0,563	3	9,71	0,271	0,0509	1

ESPÈCES ÉTUDIÉES et conditions expérimentales.	ÉTATS de développement de la fleur.	POIDS des fleurs en grammes.	NOMBRE DES FLEURS.	Co^2 dégagé en pour cent.	Co^2 dégagé par gramme-heure en centimètres cubes	Co^2 dégagé par une fleur en centimètres cubes.	Rapport de l'intensité respiratoire du bouton à celle de la fleur.
Achillea Millefolium d = 5^h. 40′ t = 21° v = 18^{cc}	Boutons petits.......	0,260	150	4,20	0,505	0,0008	1,09
	Boutons gros........	0,260	49	3,96	0,476	0,0025	1,03
	Fleurs fraîchement épanouies........	0,260	29	3,83	0,461	0 0041	1
Cucumis sativus (Fleurs mâles) d = 4^h. 30′ t = 25°. 5 v = 18^{cc}	Boutons petits.......	0,815	58	12.86	0 602	0,0084	1,06
	Boutons moyens.....	0,815	20	12,56	0,588	0,0239	1,04
	Boutons gros........	0,845	8	12.53	0,564	0.0597	1,00
	Fleurs fraîchement épanouies.. ...	0,855	4	12,67	0.564	0,1206	1
	Fleurs fanées........	0.805	8	10,26	0,487	0,0597	0,86
Reseda lutea d = 3^h t = 20°, 5 v = 10^{cc}	Fleurs petites	0,213	86	7,40	1,13	0,0028	1,00
	Fleurs fraîches complètement développées..........	0,244	24	8,36	1.11	0,0113	1
Reseda lutea d = 3^h t = 25° v = 10^{cc}	Fleurs de grosseur moyenne.........	0,177	37	8,22	1,52	0,0072	1,00
	Fleurs complètement développées fraîches............	0.266	24	12,40	1,51	0,0167	1
Hibiscus rosa-sinensis d = 3^h 40′ t = 18° v = 45^{cc}	Boutons petits.......	2,027	10	3,64	0 210	0,0426	0,93
	Boutons gros........	2.386	1	4,56	0,222	0,5299	0,98
	Fleurs fraîchement épanouies........	2,962	1	5,83	0,225	0,6684	1
Malvaviscus mollis d = 3^h 30′ t = 13° v = 10^{cc}	Boutons petits.......	1,309	13	4.79	0,076	0,0089	0,69
	Boutons moyens.....	1.394	6	5,40	0,089	0.0209	0,80
	Fleurs fraîchement épanouies........	0,917	3	3.89	0.110	0,0336	1
Cucurbita maxima d = 5^h t = 22° v = 45^{cc}	Boutons petits.......	2,070	26	6,84	0,283	0,0225	0.59
	Boutons gros........	2,290	2	9,26	0,345	0,1181	0.73
	Fleurs fraîchement épanouies........	3.180	1	17,97	0 472	1.5031	1
	Fleurs commençant à se faner.........	2,070	1	6,33	0,244	0.5439	0,51

Tableau II

ESPÈCES ÉTUDIÉES et conditions expérimentales.	ÉTATS de développement de la fleur.	POIDS FRAIS des fleurs en grammes.	POIDS SEC des fleurs en grammes.	POIDS SEC contenu dans 1 gr. de poids frais.	RAPPORT des poids secs du bouton et de la fleur.	Co^2 dégagé en 1 heure par 1 gr. de poids sec en centimètres cubes.	Rapport des intensités respiratoires du bouton et de la fleur rapportées au poids sec
Verbascum Thapsus t = 18°	Boutons petits........	1,697	0,377	0.222	2,28	2,07	1,43
	Boutons gros........	2,175	0.382	0,175	1,80	1,59	1 07
	Fleurs fraîchement épanouies........	2.975	0,288	0,097	1	1,44	1
Aloe arborescens t = 17°	Boutons petits.......	1,150	0,161	0,140	2,15	1,47	1,31
	Fleurs fraîchement épanouies........	2.361	0,155	0,065	1	1,12	1
Œnothera birennis t = 20°	Boutons petits.......	0,999	0,176	0,176	1,66	2,55	0,87
	Boutons gros........	2,163	0.266	0,122	1,1	2,50	0,85
	Fleurs fraîchement épanouies........	2,375	0,251	0,105	1	2,91	1
Cucurbita maxima (Fleurs mâles) t = 22°	Boutons petits.......	0,0621	0 074	0,111	1.38	2.54	0,43
	Fleurs fraîchement épanouies........	3,709	0,300	0,080	1	5.90	1
Hibiscus rosa-sinensis t = 18	Boutons petits.......	2,026	0,335	0 165	1,26	1,27	0,64
	Fleurs fraîchement épanouies........	2,962	0,386	0,130	1	1,73	1
Canna Indica t = 26°	Boutons petits.......	1,897	0,196	0,103	1,24	3,72	1,24
	Boutons gros........	2,164	0,189	0,087	1,04	3,05	1,02
	Fleurs fraîchement épanouies........	3,187	0,267	0,083	1	2,98	1
Veronica spicata t = 20°, 5	Boutons petits.......	0,291	0,076	0.261	1,25	2.26	1.16
	Boutons gros........	0.506	0,110	0,217	1.03	»	»
	Fleurs fraîchement épanouies..... ..	0,335	0,070	0,208	1	1,91	1
Bougainvillea sanderiana t = 20°	Boutons petits	0 934	0,224	0,238	1.17	2,39	1,44
	Fleurs fraîchement épanouies........	1.199	0,243	0,202	1	1,65	1
Narcissus Tazetta t = 16°. 5	Boutons petits..... .	0,322	0,062	0,192	1.18	1,52	1,31
	Fleurs fraîchement épanouies...... .	0,535	0,087	0.162	1	1,16	1
Linaria vulgaris t = 23°	Boutons petits.......	0,708	0,137	0,193	1,14	4,83	1,69
	Boutons gros........	0,585	0,108	0,182	1,08	3.31	1,16
	Fleurs fraîchement épanouies........	0,874	0,147	0,168	1	2,85	1

ESPÈCES ÉTUDIÉES et conditions expérimentales.	ÉTATS de développement de la fleur.	POIDS FRAIS des fleurs en grammes.	POIDS SEC des fleurs en grammes.	POIDS SEC contenu dans 1 gr. de poids frais	RAPPORT des poids secs du bouton et de la fleur.	Co^2 dégagé en 1 heure par 1 gr. de poids sec en centimètres cubes.	Rapport des intensités respiratoires rapportées au poids sec du bouton et de la fleur
Oxalis cernua t = 15°	Boutons petits.......	0,461	0.045	0,097	1,14	3,00	1.27
	Fleurs fraîchement épanouies........	0,806	0,069	0,085	1	2,35	1
Ricinus communis t = 17°	Boutons petits......	0,775	0,139	0,179	0,93	1,77	1,25
	Boutons gros........	1,862	0,341	0,183	0,95	»	»
	Fleurs fraîchement épanouies.......	0,883	0,170	0,192	1	1,41	1
Reseda lutea t = 20°, 5	Fleurs très jeunes...	0,250	0,042	0,168	0,77	6,72	1,31
	Fleurs d'âge moyen..	0,432	0 084	0,194	0,89	»	»
	Fleurs complètement développées......	0,557	0.121	0,217	1	5,11	1

III. CONCLUSIONS

Les conclusions se dégagent immédiatement de l'examen des tableaux précédents.

a) *Intensité respiratoire rapportée au poids frais.* — L'intensité respiratoire rapportée au poids frais va en décroissant, au cours du développement de la fleur, chez les 17 premières espèces du tableau I (*Verbascum Thapsus* à *Cucumis sativus*) ; cette décroissance, comme le montre la dernière colonne, s'effectue avec une rapidité très différente suivant l'espèce ; chez le *Verbascum Thapsus*, où elle est la plus forte, l'intensité respiratoire varie dans le rapport de 3,2 à 1, tandis qu'elle ne diminue que de 1,06 à 1 dans le *Cucumis sativus*. Entre ces deux types extrêmes on trouve tous les intermédiaires.

Un deuxième groupe d'espèces beaucoup moins important (*Hibiscus Rosa-sinensis*, *Malvaviscus mollis*, *Cucurbita maxima*) se comporte d'une manière toute opposée. et présente une respiration croissant depuis les stades les plus jeunes pour devenir la plus grande dans la fleur fraîchement épanouie. Là encore nous trouvons des degrés divers dans la rapidité de croissance.

Entre ces deux groupes d'espèces on peut placer comme intermédiaire le *Reseda lutea* où l'intensité respiratoire reste sensiblement constante au cours du développement de la fleur.

Ces résultats confirment ceux de De Saussure, en ce que j'ai trouvé de même que ce savant physiologiste que certaines espèces des genres *Cucurbita* et *Hibiscus* notamment présentaient une intensité respiratoire de la fleur maximum au moment de l'épanouissement; mais ils en diffèrent fondamentalement en ce que j'ai constaté que *ces espèces constituaient une exception* et que la plupart des plantes suivaient une loi exactement inverse. Sur ce dernier point mes résultats sont d'accord avec ceux de Cahours et de Curtel.

Les quelques expériences que j'ai faites sur les *Canna Indica, Œnothera biennis, Cucumis sativus, Cucurbita maxima*, m'ont donné en ce qui concerne la fleur fanée les mêmes résultats que ceux de de Saussure.

Mes expériences ayant porté sur plusieurs stades de développement du bouton, établissent de plus cette notion, que l'intensité respiratoire varie *dans le même sens* jusqu'à l'épanouissement sans présenter ni maximum ni minimum ; il arrive parfois que les deux derniers stades (bouton gros et fleur fraîchement épanouie) ont des intensités respiratoires égales ou même que celle du bouton soit légèrement inférieure, mais dans ce dernier cas les différences sont de l'ordre des erreurs d'expériences.

Enfin, l'examen des expériences qui ont eu lieu à des températures très voisines ou identiques montre combien l'intensité respiratoire de la fleur ou du bouton est variable d'une espèce à une autre. Il suffit de rapprocher par exemple les chiffres obtenus sur les *Verbascum Thapsus, Aloe arborescens, Aristolochia bœtica, Narcissus Tazetta, Ricinus communis, Hibiscus Rosa-sinensis, Clematis Vitalba.*

La rapidité de croissance ou de décroissance de l'intensité respiratoire, au cours du développement de la fleur, peut être caractérisée par le rapport des intensités respiratoires du bouton, pris au stade le plus jeune, et de la fleur fraîchement épanouie. Les chiffres représentant ces rapports figurent parmi ceux de la huitième colonne. Il est permis de se demander dans quelle mesure ces rapports de croissance ou de décroissance sont susceptibles de varier, dans une espèce déterminée, suivant les conditions extérieures. Je n'ai pas entrepris d'expériences en vue de répondre spécialement à cette question, mais ayant voulu faire au début de ces recherches quelques expériences de contrôle pendant des périodes de beau temps, j'ai constaté que les rapports de décroissance étaient nettement plus faibles, 2,80 chez le *Verbascum Thapsus*, 1,21 pour le *Narcissus Tazetta*, 1,20 pour l'*Oxalis cernua*.

C'est pour avoir des chiffres autant que possible comparables d'une espèce à une autre que j'ai prélevé mes échantillons pendant le cours ou immédiatement à la suite d'une période de pluie.

b) Intensité respiratoire de la fleur prise individuellement. — Les tableaux précédents montrent que, chez les 21 espèces étudiées, l'intensité respiratoire de la fleur, prise individuellement, va sans cesse en croissant au cours du développement ; mes résultats sont sur ce point en désaccord avec ceux obtenus par Curtel sur les *Iris sambucina*, *Linaria vulgaris*, *Anemone Japonica*. Les fleurs de *Linaria vulgaris*, sur lesquelles j'ai cependant expérimenté, ne m'ont nullement donné les résultats de Curtel, et sont rentrées dans le cas général.

c) Variation du poids sec. — Chez la plupart des espèces étudiées, (11 sur 13) la quantité de substance sèche contenue dans un gramme de poids frais va en diminuant au cours du développement de la fleur. Pour deux espèces seulement cette quantité va en augmentant (*Ricinus communis*, *Reseda lutea*). Il est à remarquer qu'on trouve encore ici tous les intermédiaires entre les espèces comme le *Verbascum Thapsus*, où le poids sec diminue dans de fortes proportions $\left(\frac{2\ 28}{1}\right)$, et celles où au contraire il augmente nettement (*Reseda lutea*),

d) Intensité respiratoire rapportée au poids sec. — On peut faire ici les mêmes remarques que pour l'intensité rapportée au poids frais ; dans la plupart des espèces (10 sur 13) l'intensité respiratoire rapportée au poids sec, va en décroissant au cours du développement. Cette intensité est de plus très variable, d'une espèce à l'autre, à une même température. Il suffit pour s'en rendre compte, de rapprocher les résultats obtenus sur les *Verbascum Thapsus*, *Aloe arborescens*, *Hibiscus Rosa-sinensis*, *Narcissus Tazetta*, *Oxalis cernua*, *Ricinus communis*.

Il est à remarquer qu'il n'y a pas toujours concordance entre les variations du poids sec et celles de l'intensité respiratoire rapportée au poids frais. Ainsi, ces deux quantités varient en sens inverse l'une de l'autre dans les *Ricinus communis*, *Cucurbita maxima*, *Hibiscus rosa-sinensis*.

Par contre, dans les autres espèces étudiées elles varient dans le même sens.

Comparaison avec la feuille. — En ce qui concerne l'intensité respiratoire rapportée au poids frais, les expériences de Garreau (1), Moissan (2), Bonnier et Mangin (3) ont montré que les feuilles jeunes des bourgeons en voie de développement, respirent beaucoup plus activement que les feuilles adultes ; ces résultats concordent avec ceux que fournissent la plupart des fleurs, ce qui n'a rien de surprenant puisque la fleur n'est en somme qu'un groupe de feuilles adaptées à un rôle spécial ; il est à remarquer toutefois, que chez aucune espèce la respiration de la feuille ne va en croissant au cours du développement comme le fait se présente dans les fleurs de Courge et d'Hibiscus. L'exception formée par les fleurs de ces dernières plantes est une véritable anomalie dans la respiration spécifique, et le seul exemple connu jusqu'à présent d'un organe respirant à l'état adulte avec plus d'intensité qu'à l'état jeune.

Il existe une autre différence importante entre la feuille et la fleur, relativement à la variation de la substance sèche. Les recherches de Garreau montrent que la quantité relative de substance sèche va en croissant au cours du développement de la feuille. La feuille adulte possède un poids sec relatif plus considérable que la feuille jeune ; tandis que c'est exactement le contraire qui arrive en général, chez la fleur.

(1) Garreau : *Nouvelles recherches sur la respiration des plantes* (Ann. des sc. nat. 1851, 3e série, vol. XVI).

(2) Moissan : *Sur les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis dans la respiration végétale* (Ann. Agronom. vol. V, 1879).

(3) Bonnier et Mangin : *Recherches sur les variations de la respiration avec le développement des plantes* (Ann. des sc. nat Bot. 7e série, vol. II, 1886).

Résumé des conclusions

On peut résumer succinctement les principaux résultats de ce travail comme il suit :

1° *Chez la plupart des plantes, l'intensité respiratoire de la fleur (rapportée au poids frais et au gaz carbonique dégagé) va en décroissant d'une manière régulière depuis les stades les plus jeunes jusqu'à l'épanouissement. La rapidité de cette décroissance est très variable suivant les espèces, et on observe tous les intermédiaires entre les plantes, où le bouton très jeune respire beaucoup plus que la fleur épanouie, et celles où il respire presqu'également.*

2° *Chez un très petit nombre d'espèces, l'intensité respiratoire va au contraire en croissant au cours du développement de la fleur pour être le plus grande dans la fleur épanouie. On observe de même chez ces espèces des degrés très divers dans la rapidité de croissance.*

3° *Les mêmes conclusions restent exactes si la respiration est rapportée au poids sec.*

4° *La respiration de la fleur prise individuellement va toujours en croissant depuis les stades les plus jeunes jusqu'à l'épanouissement.*

5° *Chez la plupart des espèces, le poids sec (par gramme de poids frais) va en décroissant d'une manière continue au cours du développement de la fleur. La rapidité de cette décroissance est très variable chez les différentes espèces et on observe tous les intermédiaires entre les plantes, où le poids sec du bouton est beaucoup plus grand que celui de la fleur épanouie, et celles où il lui est presque égal. Ces dernières espèces font transition vers les espèces peu nombreuses dont le poids sec va au contraire en croissant au cours du développement de la fleur pour être le plus grand dans la fleur épanouie.*

RECHERCHES
SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES
ET
SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE

par M. Léon FLOT (*Suite*).

---

2. Origine de cette structure

Nous sommes maintenant renseignés sur le trajet des divers faisceaux ainsi que sur les rapports qu'ils présentent entre eux, mais nous ne le sommes pas encore sur leur origine, non plus que sur la nature et l'origine des tissus qui les entourent. Ces différents points seront éclaircis par l'étude du sommet végétatif.

Nous appliquerons à la Vesce la méthode qui nous a servi jusqu'ici pour les autres plantes. Les exemplaires étudiés étaient des plantules d'âges divers, mais encore peu développées (4-5 cm.). Après inclusion en paraffine, elles ont été coupées en séries, les unes dans le sens longitudinal et parallèlement au plan de symétrie des feuilles, les autres transversalement.

Considérons d'abord les coupes longitudinales. Celle de la figure 91 passe par le plan de symétrie des feuilles. A ce propos, il importe de rappeler que les feuilles de la Vesce sont composées et terminées par une vrille. Une coupe médiane ne passe donc pas par les folioles et n'intéresse que le pétiole commun. Ajoutons aussi qu'il est impossible, à moins d'un hasard extraordinaire, de couper exactement

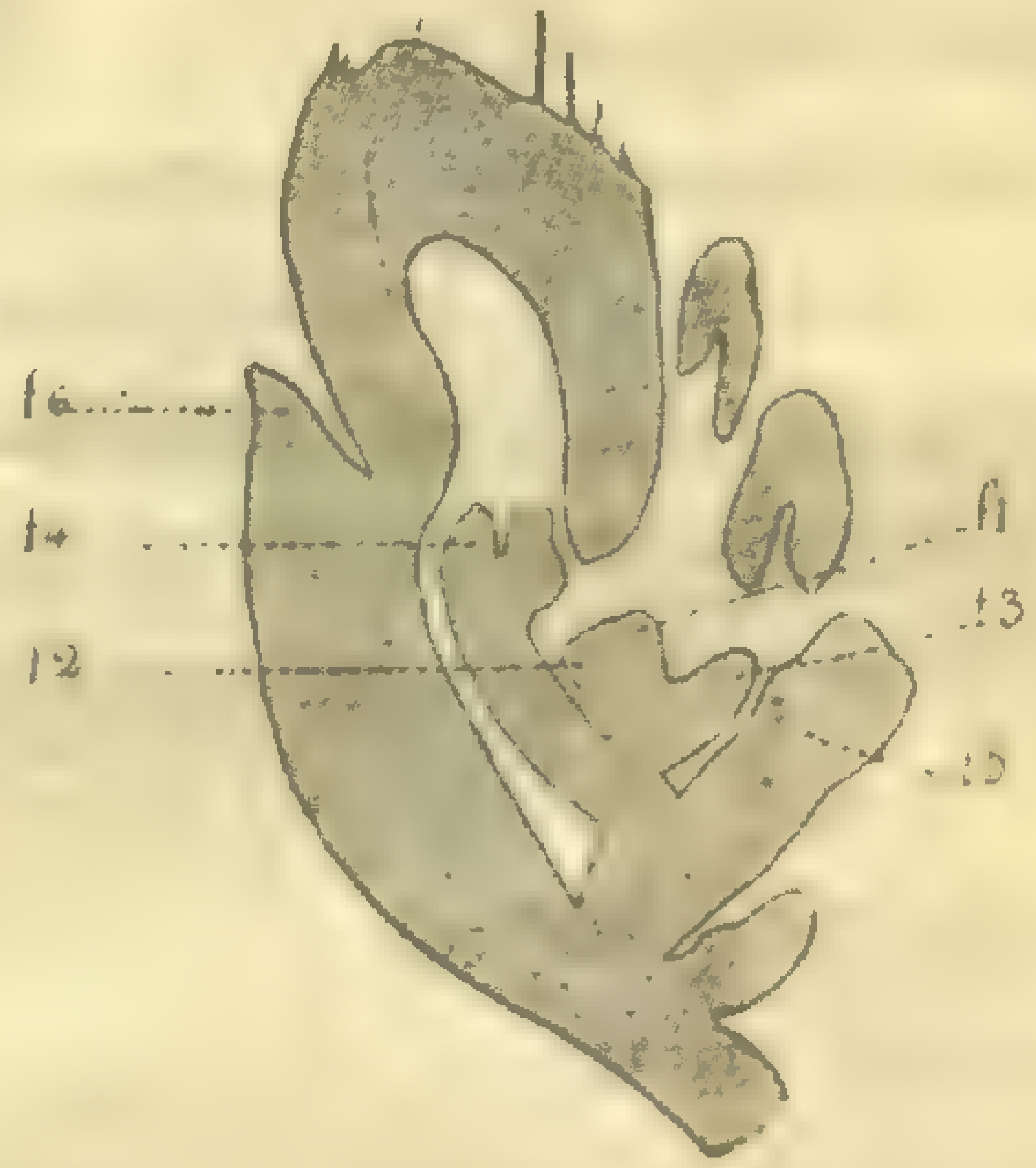


Fig. 91. — *Vicia sativa*. Extrémité d'une pousse, *f1*, *f2*, *f3*,.., *f6*, segments foliaires successifs.

toute la plante suivant le plan médian de chacun de ses membres. C'est ainsi que, dans la figure 91, la feuille *f4* n'est pas tout à fait coupée par son plan de symétrie, mais les feuilles *f1*, *f2*, *f3* le sont, et ce sont celles que nous allons étudier avec plus de détails tout à l'heure.

Dans la série à laquelle appartient la coupe d'ensemble (fig. 91), j'ai dessiné à un plus fort grossissement (*400*) les deux préparations voisines du plan médian. L'une passe exactement par le sommet en voie de développement de la feuille *f1*, l'autre par le sommet de la feuille *f2*, ce qui tient peut-être, les coupes étant très minces ($\frac{1}{300}$ de millimètre environ) à une obliquité très minime du plan de coupe par rapport au plan médian.

Regardons la première de ces deux coupes (fig. 92). Elle comprend deux segments foliaires, *F1* et *F2*. L'épiderme est bien différencié et composé d'un seul rang de cellules ; les cloisons normales qui en multiplient le nombre sont plus nombreuses dans la région du sommet de la première feuille *F1*. Les cellules sont recouvertes d'une cuticule assez épaisse.

Le méristème cortical est ici particulièrement net. Ses cellules alternent avec celles du méristème épidermique d'une façon très régulière, et cette alternance, jointe à l'absence de divisions tangentielles, donne au méristème cortical, dans cette coupe, une netteté particulière.

Au-dessous de cette écorce se voient, dans la région du sommet de la feuille *F1*, les cellules du méristème vasculaire *iv*, qui commencent déjà à se cloisonner tangentiellement et dans la direction de la future feuille *F1*. L'origine première du phénomène foliaire est donc, ici encore, dans le méristème vasculaire.

Du côté du second segment foliaire *F2*, on ne voit de cloisonnements tangentiels ni dans l'épiderme *é*, ni dans l'écorce (*c*, *c'*). L'assise corticale n'a donc qu'une cellule d'épaisseur sur toute l'étendue de la coupe médiane. Dans le méristème vasculaire, on aperçoit en *v* les cloisonnements de l'extrémité de la feuille ; quant à ceux de sa base, ils présentent une disposition analogue à celle que nous avons étudiée l'*Aristolochia Clematitis*. Des files de cloisons *v*, *v''*, partent de l'extrémité supérieure du segment foliaire et traversant obliquement la coupe, se dirigent vers la base *b* du segment opposé. La disposition de ces files d'éléments vasculaires est indi-

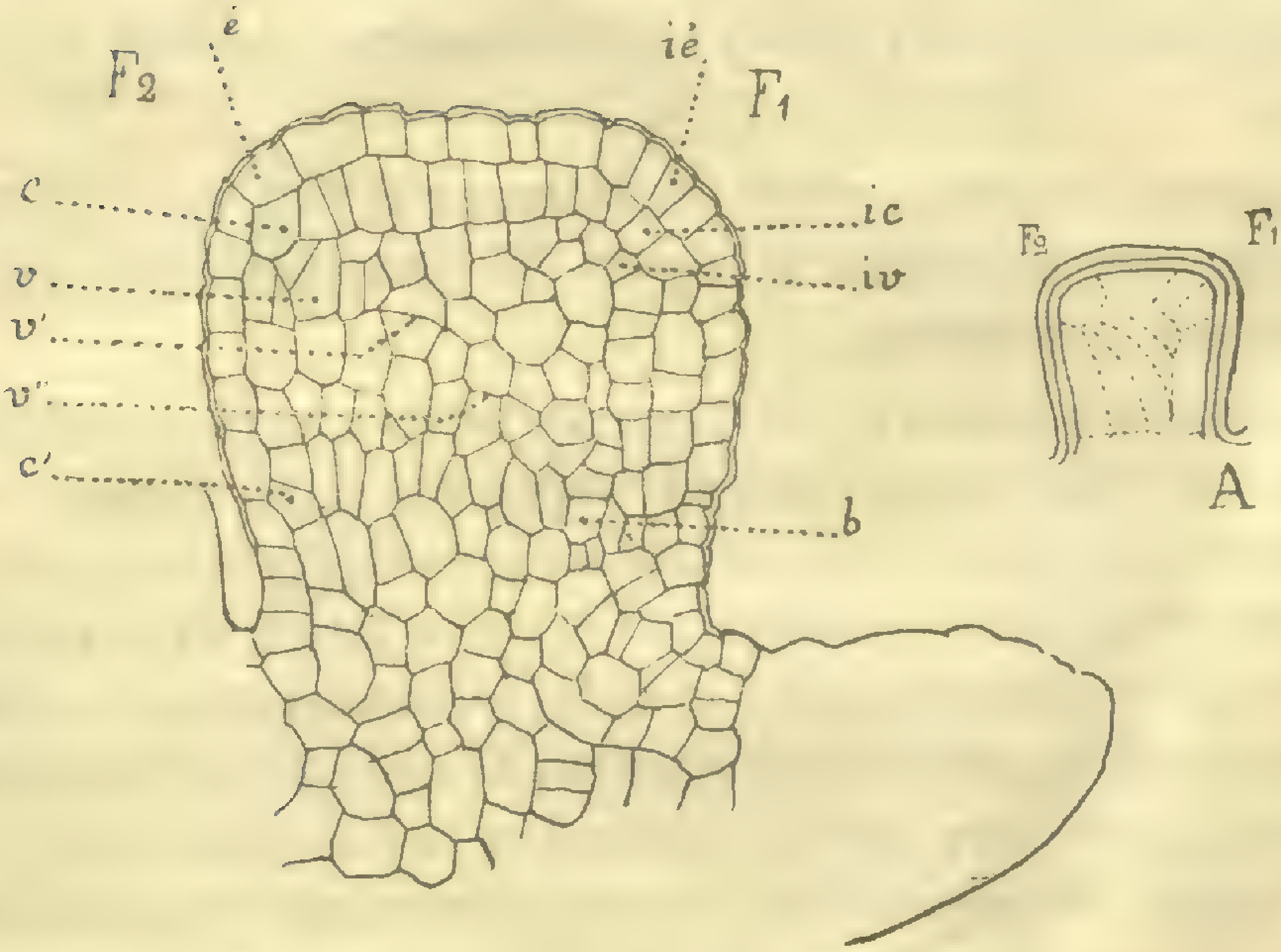

F2
é
ié
F1
c
ic
v
iv
v'
v''
c'
b
F2
F1
A

Fig. 92

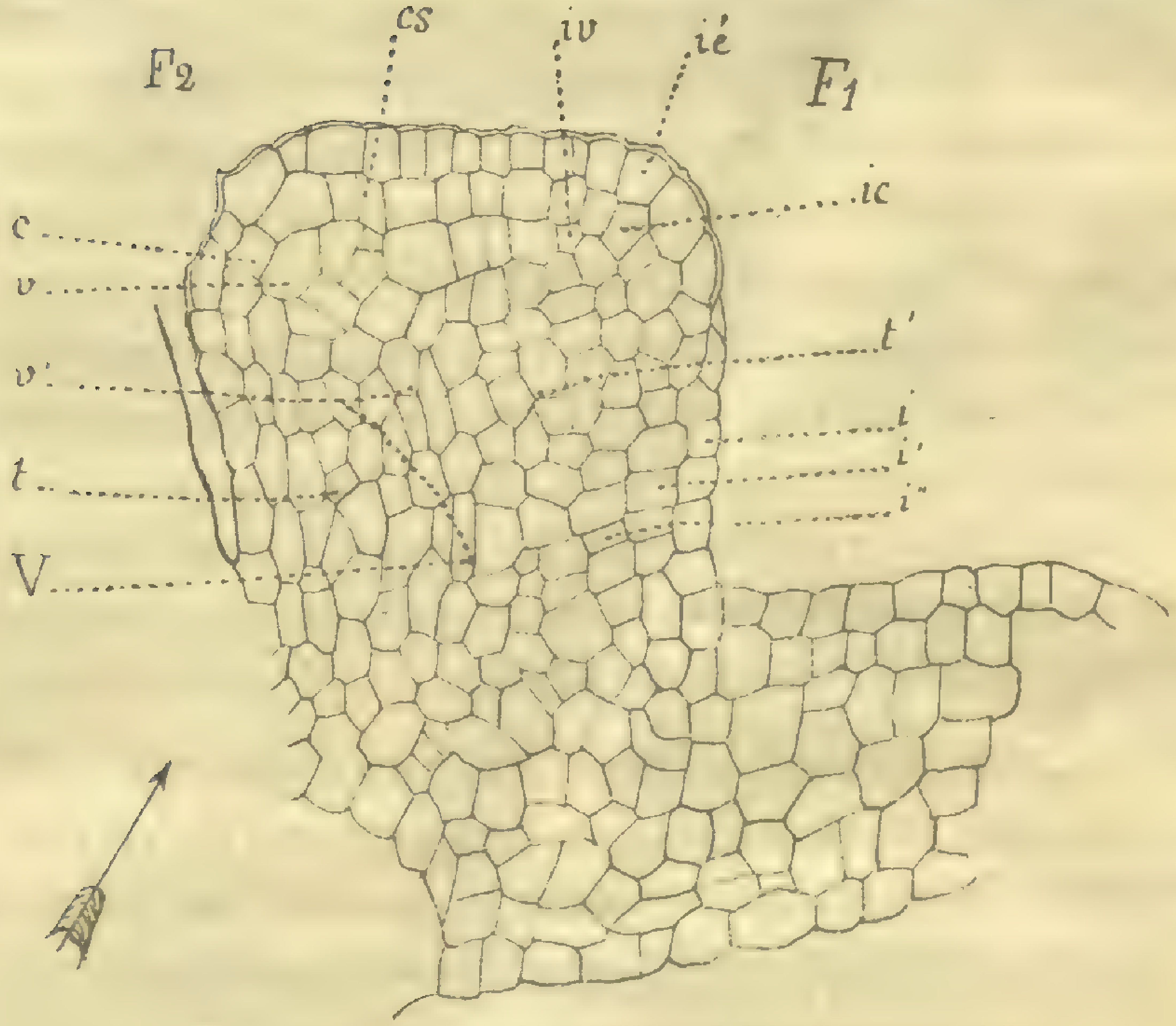

cs
iv
ié
F2
F1
ic
c
v
t'
v'
i
i'
i''
t
V

Fig. 93

Fig. 92-93. — *Vicia sativa*. Point végétatif. *F1*, premier segment foliaire : *ié*, *ic*, *iv*, assises initiales épidermique, corticale et vasculaire. *F2*, second segment foliaire; *é*, méristème épidermique ; *c*, méristème cortical ; *v*, méristème vasculaire ; *v'*, *v''*, *v'''*, méristème vasculaire de la base foliaire $\left(\frac{400}{1}\right)$

quée dans une petite figure schématique (fig. 92, A). Nous verrons plus loin qu'elle est en rapport avec le mode de jonction des bases foliaires.

L'organisation primordiale de la seconde feuille est bien plus nettement marquée dans la figure 93, qui représente la coupe contiguë à la précédente.

Nous remarquerons d'abord que l'écorce reste encore simple (*c*) sur tout le pourtour du second segment ; et la disposition du méristème vasculaire nous rappellera immédiatement la structure de l'Aristoloche. Une comparaison entre la figure 93 et les figures 45 et 48 fait ressortir les plus grandes analogies dans le mode de naissance de la feuille. L'arrangement des cellules terminales *v* du méristème vasculaire est exactement le même dans les deux cas. Dans la figure 93, on voit une nervure s'organiser en *v*', et l'on peut dire, d'ailleurs, que la croissance longitudinale du méristème vasculaire est dirigée suivant un arc de cercle qui, partant du point *V*, au milieu de la coupe, se dirige vers l'extrémité de la feuille, en *v*. Des files de cloisons, perpendiculaires aux précédentes, recoupent tout le méristème vasculaire du segment : les lettres *t* et *t*' indiquent l'une de ces files de cloisons transversales.

Que reste-il de l'autre côté de la tige ? Des files régulières de cellules épidermiques, corticales et vasculaires, sans différenciation (*i*, *i*', *i*") qui proviennent de segments laissés par les assises initiales de la première feuille *F1*. Dans les cellules *i*" se développera le méristème vasculaire de la première base foliaire, et du reste, la coupe précédente nous montrait quelques cloisonnements appartenant à ce méristème (*b*, fig. 92).

Dédoublement cortical. — Dans les deux figures 92 et 93, l'écorce est simple, sauf en un point de la figure 92 où l'on voit une cloison tangentielle. Dans d'autres points végétatifs, on pourrait noter, dans la coupe médiane, quelques cloisonnements tangentiels.

Mais si l'on prend des coupes un peu éloignées du plan médian, l'écorce se montre dédoublée (fig. 94, *c*') par une file de cloisons tangentielles, exactement comme dans la plupart des feuilles étudiées jusqu'ici. A part ce dédoublement, toutes les parties de la coupe présentent le même aspect et les mêmes rapports que dans les coupes précédentes.

Quant à la moelle, nous chercherions en vain, dans les premiers segments foliaires, un tissu analogue à la moelle centrale du Chèvrefeuille ou du Cornouiller. C'est un fait que nous avions déjà constaté dans l'Aristoloche et aussi dans la Vigne vierge, c'est-à-dire dans les plantes à feuilles distiques. La moelle ne s'y différencie que lentement par transformation des cellules profondes de chaque segment foliaire : ces cellules d'ailleurs n'ont pas une origine spéciale ; ce sont des éléments du méristème vasculaire qui gardent une structure de parenchyme, comme il s'en trouve dans les rayons vasculaires entre les faisceaux. Cette apparition moins précoce de la moelle semble donc en rapport avec la disposition des feuilles : elle s'explique par la nécessité moins grande pour la plante d'écarter l'un de l'autre les segments foliaires dans le bourgeon terminal.

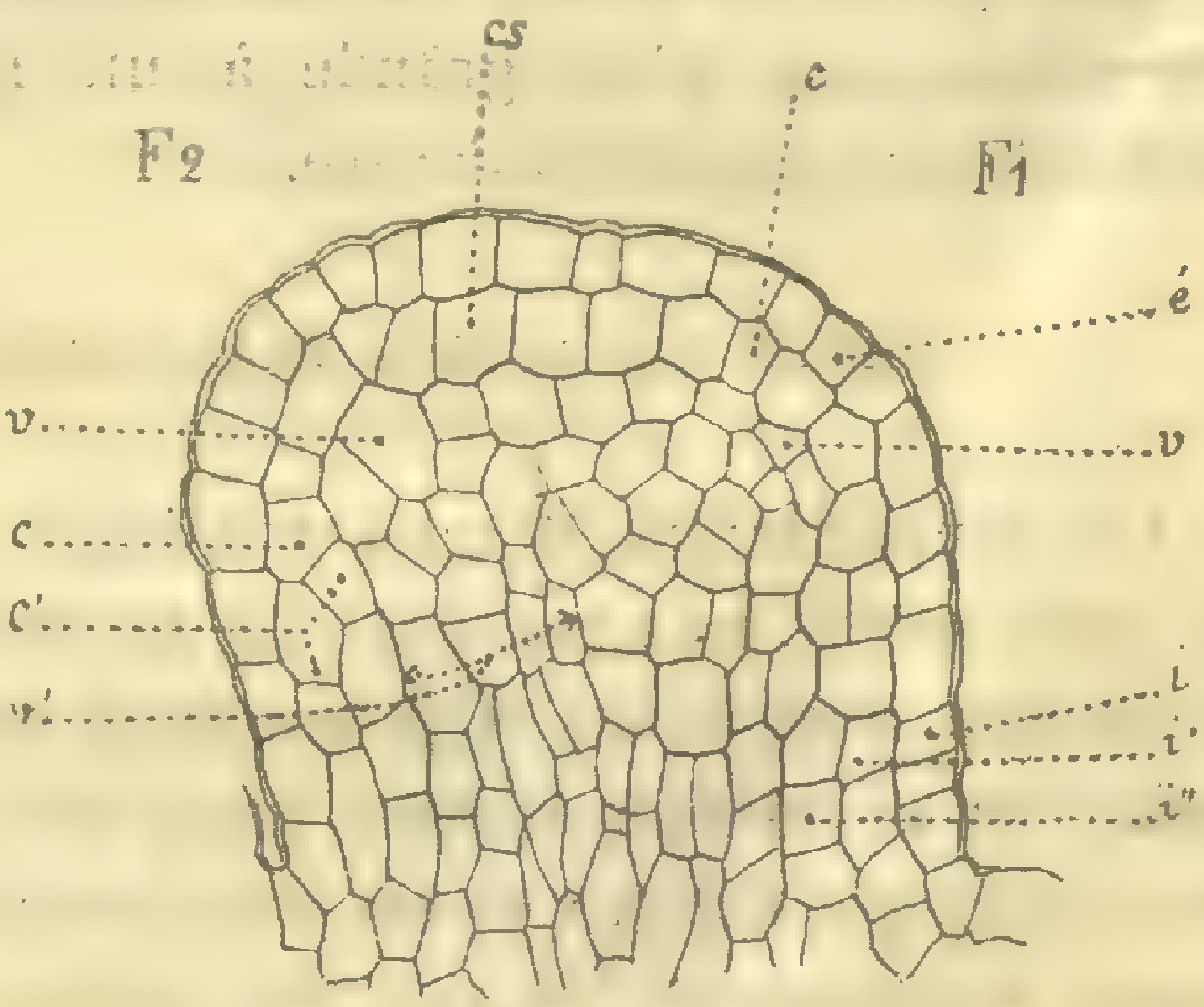


Fig. 94. — *Vicia sativa.* Coupe longitudinale appartenant à la même série mais un peu tangentielle ; *v*, *v''*, méristème vasculaire ; *c'* écorce dédoublée ; *i*, *i'*, *i''* assises internodales.

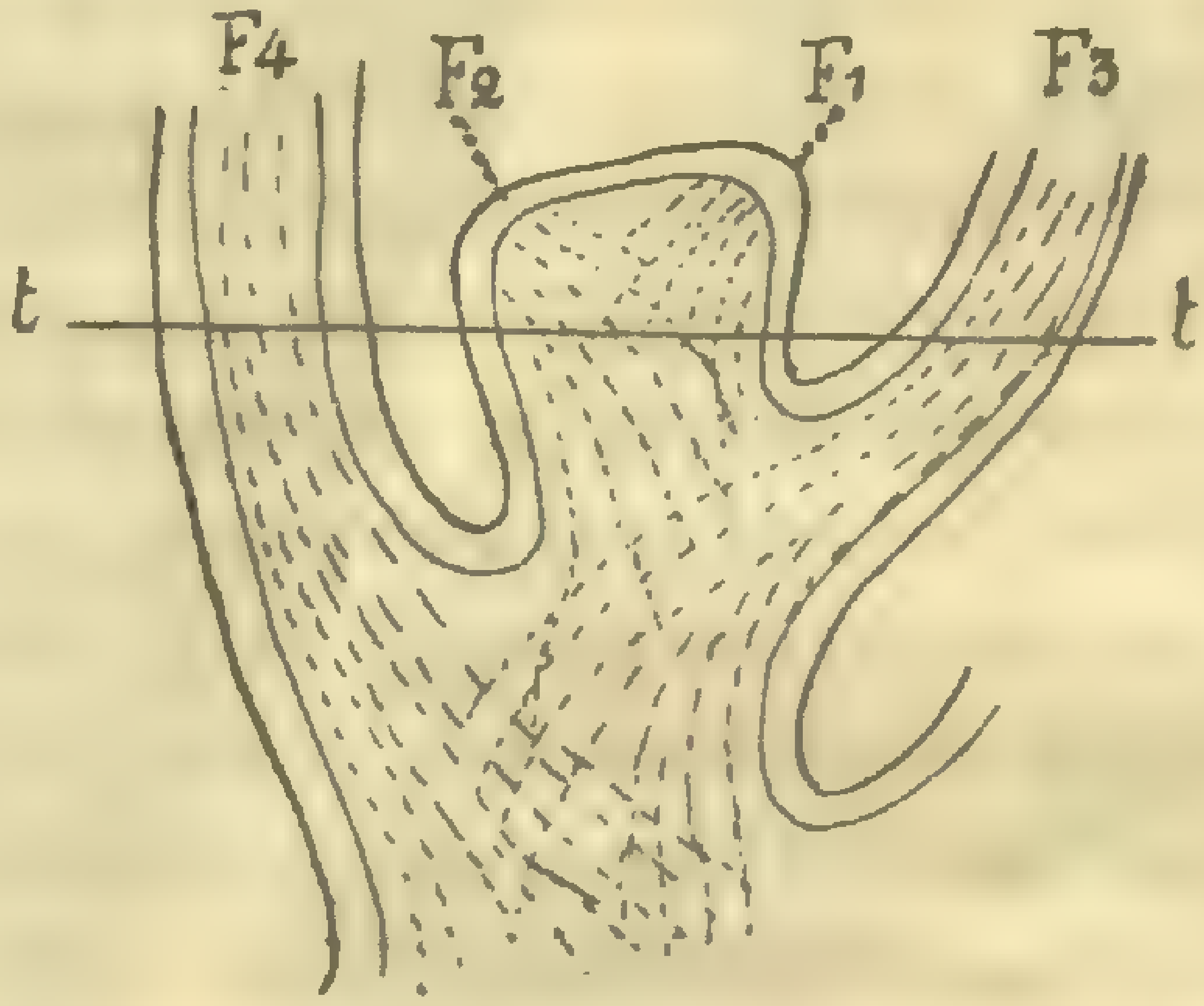


Fig. 95. — *Vicia sativa.* Représentation schématique des coupes longitudinales du sommet, montrant la disposition respective des premiers segments foliaires *F1*, *F2*, *F3*, *F4*, ainsi que l'orientation générale des files des cellules du méristème vasculaire dans chaque segment ; *t*, *t'*, trace du plan de la coupe fig. 96 et 98.

Dans la figure théorique 95, on a essayé de montrer les rapports que présentent entre eux les deux premiers segments foliaires. En réalité ces rapports sont plus compliqués, comme nous le verrons plus loin ; néanmoins, cette figure nous donne une idée de la direction des premiers plans de cloisonnement, ainsi que de l'importance beaucoup plus grande à un même niveau de l'un des segments par rapport à l'autre.

ÉTUDE DES COUPES TRANSVERSALES DU SOMMET.

Les coupes longitudinales médianes du sommet de la plantule de *Vicia sativa*, ne nous ont rien montré qui diffère sensiblement de ce que nous avons déjà constaté dans les autres plantes. La feuille se développe comme dans les cas précédents : toutefois nous avons pu noter, que les premiers segments foliaires se superposent étroitement les uns aux autres et coïncident exactement par leurs bases, sans interposition de tissu médullaire central.

Voyons maintenant comment se répartissent les différentes parties des trois méristèmes pour édifier la structure que nous avons observée dans la tige adulte. Une série de coupes transversales a été pratiquée dans le sommet d'une plantule de *Vicia sativa*. Ces coupes avaient été éclaircies par l'eau de Javelle, ce qui a pu permettre plus de précision dans le dessin. Je dois dire cependant que cette précaution n'est pas nécessaire : lorsqu'il s'agit simplement d'étudier l'ordre et la disposition des faisceaux, les coupes non éclaircies sont tout aussi démonstratives : en outre la limite entre le méristème cortical et le méristème vasculaire est plus nette dans les coupes non éclaircies, parce que la différence de contenu des cellules rend particulièrement facile la distinction entre les deux méristèmes.

Dans cette description, j'emploierai deux sortes de dessins. Les uns, demi-schématiques, ont été dessinés à la chambre claire, au grossissement de $\frac{40}{1}$. Ils représentent, parmi les coupes de la série celles qui sont les plus démonstratives quant à l'étude des rapports entre les divers segments foliaires. En outre, un certain nombre de ces coupes ont été figurées au grossissement de $\frac{500}{1}$ afin de permettre un examen plus approfondi des détails anatomiques.

Avant de commencer cette description, je crois utile de rappeler deux points qui faciliteront l'interprétation des coupes. C'est, d'abord que, dons les plantes dont les feuilles sont munies de stipules, le développement de ces organes commence de bonne heure : elles ont souvent atteint une taille assez grande que la feuille n'est encore qu'à l'état d'ébauche rudimentaire. Nous trouverons donc dans la Vesce des stipules bien développées au niveau de chaque insection foliaire. En outre, si l'on considère le schéma d'une tige de Vesce, comme celui de la fig. 95, nous nous rendrons compte de ce que peut et doit contenir chaque coupe transversale. Par exemple, si l'on coupe le sommet suivant le plan *tt'*, fig. 95 on doit avoir sur la coupe la section transversale des deux premiers segments foliaires, savoir : *F1*, très peu développé ; *F2*, plus différencié, ainsi que la section des pétioles des feuilles *F3* et *F4*. C'est ce que nous montre la figure 96 où la partie centrale (*F1*, *F2*) comprend la somme des deux traces foliaires *F1* et *F2*, accompagnées des sections des pétioles de *F3*, *F4* avec leurs stipules (*st3* et *st4*).

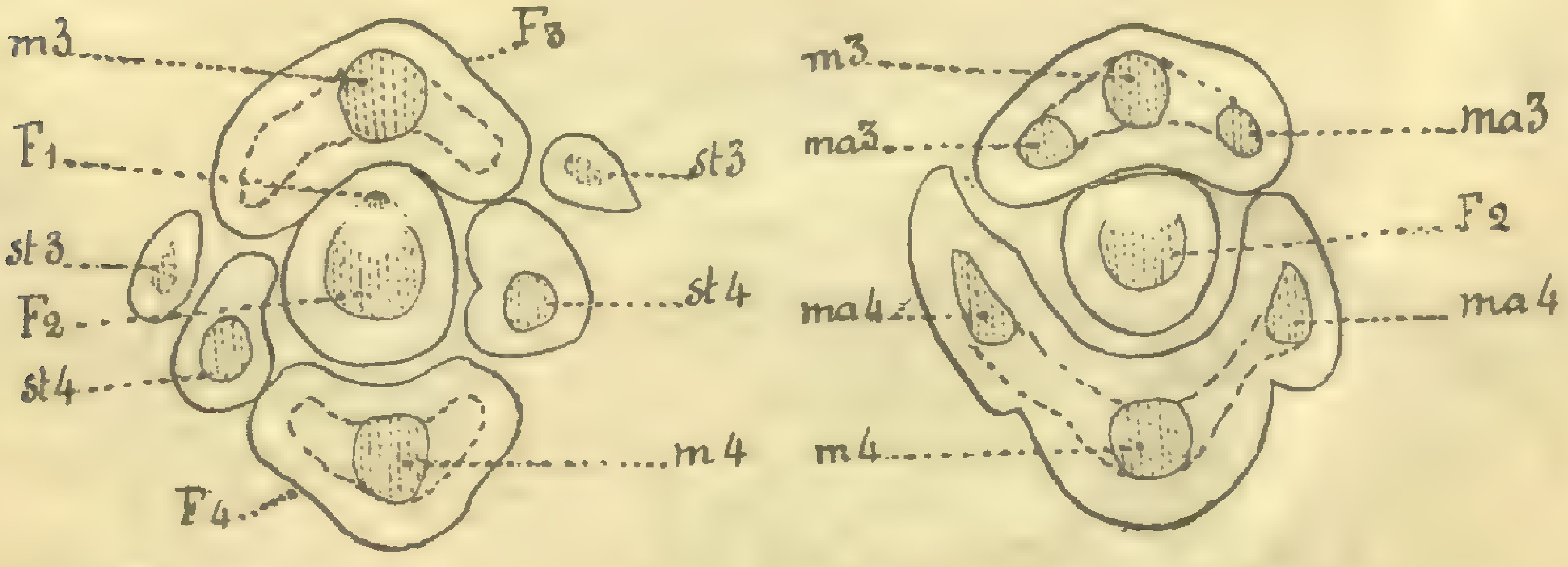


Fig. 96 Fig. 97

Fig. 96 et 97. — *Vicia sativa.* *F1*, *F2*, *F3*, *F4*, Premières feuilles. De la fig. 96 à la fig. 109, dans chaque croquis, la lettre *m* indique le faisceau médian ; *ma*, le faisceau marginal ; *st*, le faisceau stipulaire ; *l*, le faisceau foliaire latéral. Chacune de ces lettres est accompagnée d'un indice correspondant au rang de la feuille à partir du sommet.

Cette coupe, plus grossie, est reproduite fig. 98.

Premier et deuxième segments foliaires. — La partie inférieure *F2* de la fig. 98 représente la section transversale des deux premiers segments foliaires. Elle a une forme à peu près elliptique. Sa surface épidermique présente de *S* en *S'* une modification qui correspond à la jonction des deux segments.

Sur toute la section, l'épiderme et l'écorce sont simples, sauf à la partie postérieure *c* de la feuille *F 2*, où l'écorce est dédoublée. En *m 1*, un massif de cellules est en voie de cloisonnement très actif : c'est le faisceau médian du premier segment foliaire. Ces cloisonnements se prolongent latéralement en deux points *ma 1*, *ma' 1*, qui marquent l'origine des faisceaux marginaux du premier segment foliaire.

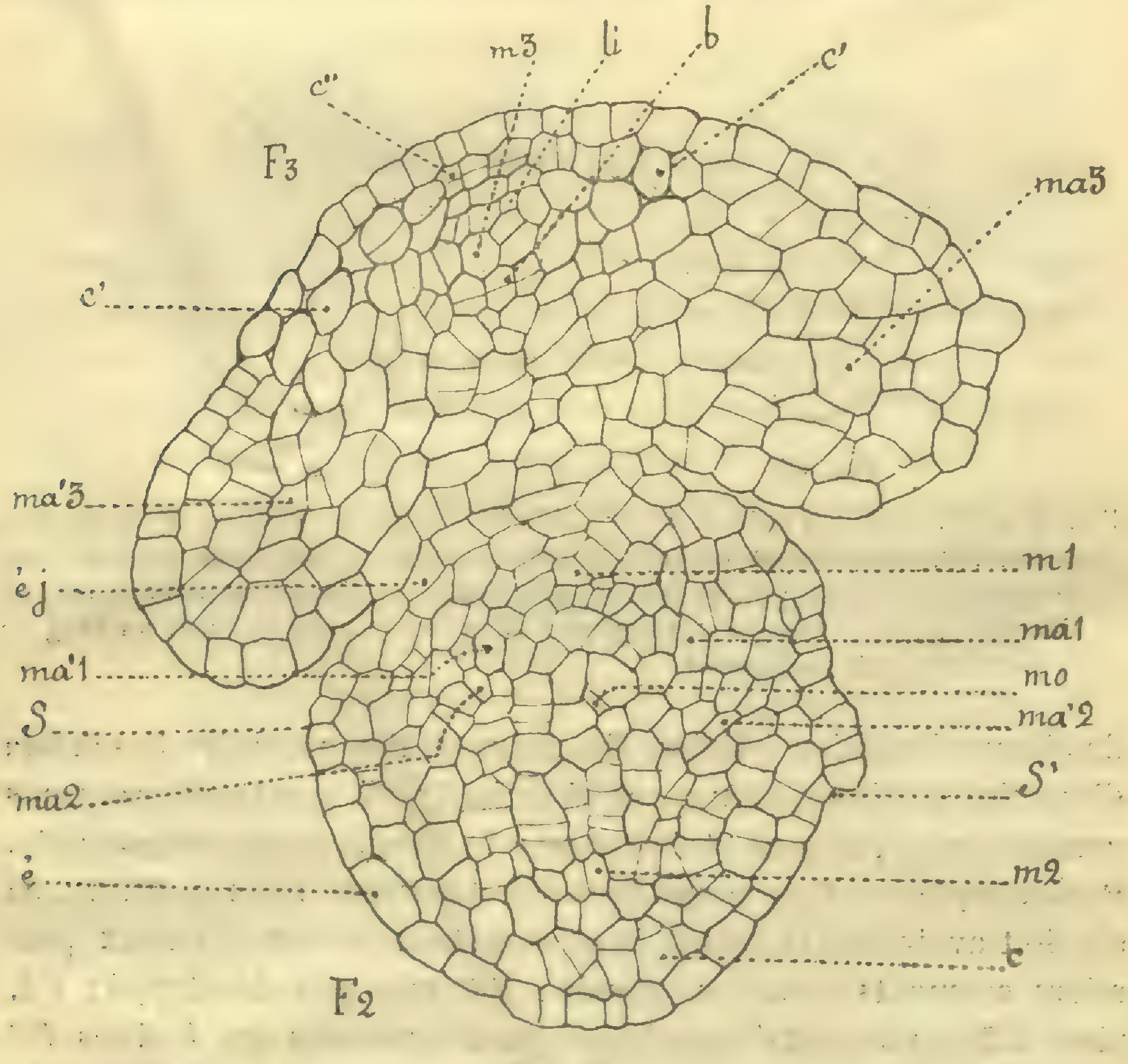


Fig. 98

Fig. 98 et 98 bis. — Premiers segments foliaires, *m1*, *ma1*, *ma'1*, faisceaux médian segment ; (les régions des deux premiers segments sont confondues dans leur F_3, troisième feuille : *m3*, faisceau foliaire médian ; les marginaux *ma3*, *ma'3* sont jointes les deux partie de la coupe.

Dans le deuxième segment, *F 2*, la région vasculaire montre un grand faisceau médian *m 2*, dans lequel nous pouvons déjà reconnaître notamment au-dessus de *m 2*, les files de cellules qui donneront naissance aux éléments libériens et ligneux. Latéralement, les cloisonnements de ce méristème s'étendent jusqu'en *ma 2*, *ma'2*, où ils forment deux îlots, qui sont la première ébauche des faisceaux marginaux du second segment.

Il est à remarquer que la région marginale du deuxième segment, *ma 2*, *ma' 2*, est contiguë, extérieurement, à celle du premier

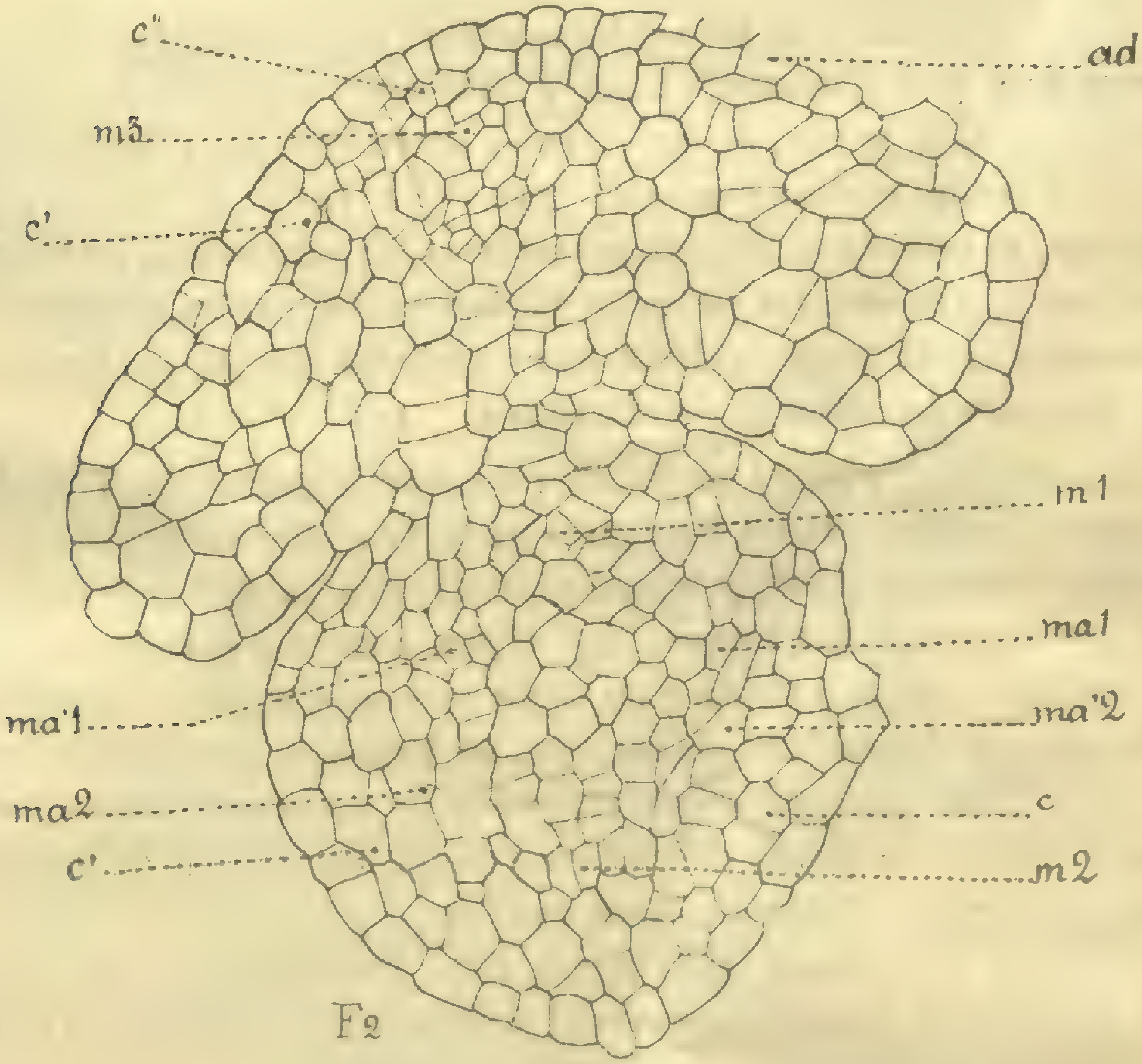


Fig. 98 bis

et marginaux du premier segment foliaire; *m2*, *ma2*, *ma'2*, faisceaux du second
partie marginale) ; *mo*, moelle centrale.

sont à peine indiqués ; *c''*, écorce dédoublée ; *éj*, région épidermique par laquelle

segment. Il y a déjà, sur cette coupe, une sorte d'emboîtement des deux premières traces foliaires.

La section transversale (*F1* + *F2*) des deux premiers segments foliaires est, dans cette figure, contiguë à la base du pétiole (*F3*) de la troisième feuille les deux épidermes sont en contact sur une certaine étendue *éj*, et les méristèmes corticaux commencent à communiquer entre eux. Dans le pétiole *F3*, nous voyons un épiderme simple *é*. L'écorce est dédoublée en *c''*, au dos de la nervure médiane ; en deux points latéraux *c'*, situés près de la nervure médiane, elle présente également quelques dédoublements, ainsi que quelques méats. C'est un caractère qu'il est bon de noter, car nous aurons à y revenir plus loin.

La nervure médiane *m3* est formée d'un faisceau libéro-ligneux encore très peu différencié : on y distingue pourtant la région libérienne *li*, et la région ligneuse *b* ; entre ces deux régions se voient d'actifs cloisonnements. Des deux côtés de la nervure médiane, le méristème vasculaire forme deux expansions latérales, *ma3*, *ma'3*. Les cellules de cette région vasculaire se distinguent nettement sur la coupe, grâce à leurs cloisonnements particuliers et à l'absence de méats intercellulaires.

Je tiens à signaler ici un détail qui a son importance. Tous les dessins de ce travail ont été exécutés à la chambre claire, *sans changer la mise au point* du microscope. On sait en effet que malgré la faible épaisseur des coupes, leur aspect peut être parfois modifié sur certains points, à l'aide d'un léger mouvement de la vis micrométrique ; et lorsqu'une cloison ne se présente pas à l'endroit voulu, on finit quelquefois par l'apercevoir au moyen d'une manœuvre habile de la vis. En agissant ainsi, on ne fait en somme que combiner les cloisons situées dans deux plans pour obtenir un dessin plus satisfaisant sans doute pour l'observateur, mais en tout cas inexact. Aussi ai-je souvent préféré dessiner la coupe deux fois plutôt que d'employer ce procédé critiquable.

Lorsqu'on change légèrement la mise au point dans l'observation de la coupe ci-dessus décrite, on obtient la figure 98 $^{\text{bis}}$, dans laquelle la disposition générale des éléments cellulaires est la même que dans la figure 98. Cependant le méristème vasculaire des deux premiers segments est encore mieux défini. Les trois îlots du premier, *m'*, *ma'*, *ma''*, sont peu ou point modifiés, mais dans le second, *F2*, le méristème vasculaire des faisceaux marginaux *ma2*, *ma'2*, se relie à celui du faisceau médian *m2* de la façon la plus nette, par une file continue de cloisons. Il y a là, dans l'ensemble du méristème vasculaire, un développement commun, disposé en forme d'arc de cercle ou de fer à cheval ; et il n'est pas possible de détacher l'une de ces parties de l'autre au point de vue de l'origine. Or, d'après certains auteurs, ce sont ces faisceaux *ma2*, *ma'2* (ou même *ma1*, *ma'1)* qui, à un certain moment, deviendraient corticaux ! Cela doit signifier, sans doute, qu'à un certain moment, les îlots vasculaires *ma1*, *ma'1* ou *ma2*, *ma'2* se formeront aux dépens de cellules du méristème cortical. Bien que la conviction contraire résulte dès à présent de l'examen des coupes longitudinales, il nous faudra suivre avec une attention particulière les diverses situations de ces faisceaux marginaux dans les coupes suivantes, pour voir si, sur un point donné de leur trajet, ils se développent aux dépens des cellules corticales.

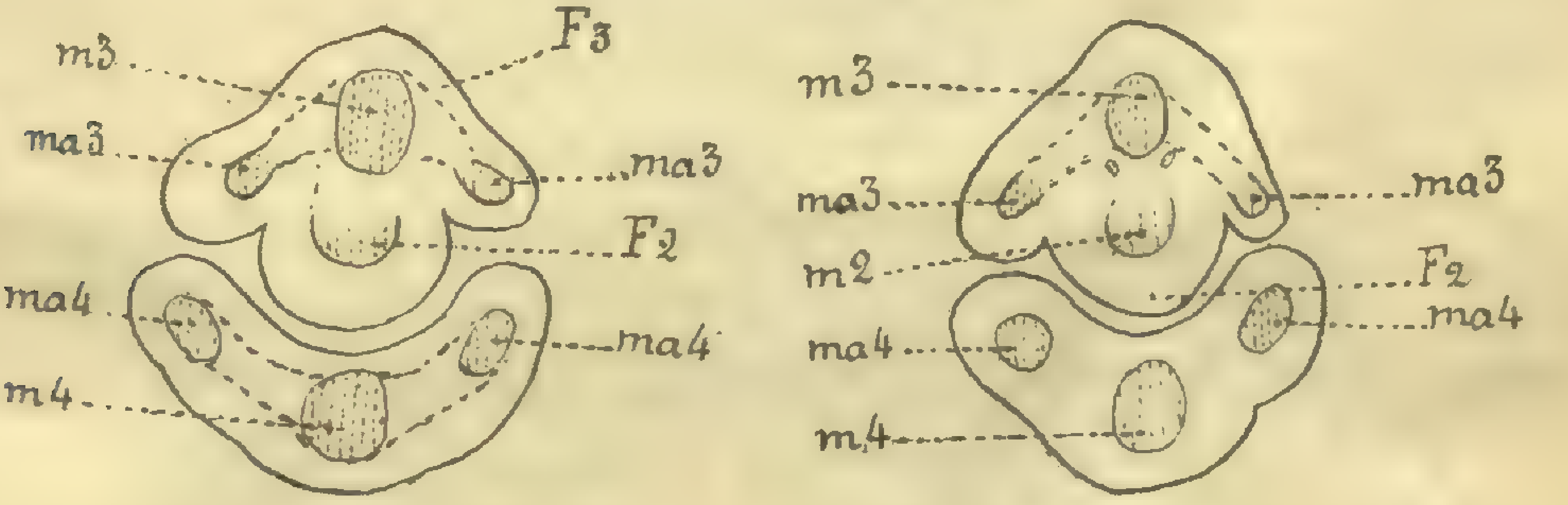


Fig. 99.

Fig. 100.

Fig. 99 et 100. — *Vicia sativa.* Suite des coupes transversales du sommet. — 2e, 3e et 4e segments foliaires. Le faisceau médian *m* et les faisceaux marginaux *ma* sont accompagnés d'un chiffre indiquant la trace foliaire dont ils font partie.

La figure 97 montre une soudure plus intime de la feuille *F3* avec les bases foliaires *F1* et *F2*. Dans la feuille *F3*, les expansions latérales du méristème vasculaire, qui étaient dépourvues de faisceaux dans la coupe précédente (fig. 96) rencontrent deux îlots libéro-ligneux marginaux *ma3*, *ma'3*. Dans la feuille *F4*, les stipules commencent à se souder à la base foliaire et à rattacher leur système vasculaire *ma4* à celui de la feuille dont elles dépendent (*m4*).

Troisième segment. — Trois coupes plus bas, la soudure des trois premiers segments foliaires est beaucoup plus avancée, bien qu'on y distingue encore chaque partie (fig. 99 et 100). A mesure que cette soudure s'accentue, le diamètre de la coupe diminue ; cela tient surtout à ce que la partie qui renfermait les deux premiers segments *F1* et *F2* n'est plus, comme dans les coupes 96 et 97, distincte de la feuille *F3*. L'intervalle entre les faisceaux médians *m2* et *m3* diminue. Quant au faisceau *m1*, il semble avoir disparu.

Nous pourrons cependant le retrouver dans la coupe de la figure 99, examinée à un plus fort grossissement. Cette coupe est représentée figure 101.

Les deux parties *F2* et *F3* qui précédemment (fig. 98) n'étaient en contact que par leur épiderme, communiquent maintenant par leurs trois méristèmes, *é*, *c*, *v*. Le méristème épidermique est simple partout; le méristème cortical *c* n'est dédoublé que sur le trajet de trois cellules, au dos de nervure médiane *m3*. Partout ailleurs il est simple, notamment dans la troisième feuille; on distingue déjà, dans le méristème vasculaire de cette feuille, ou

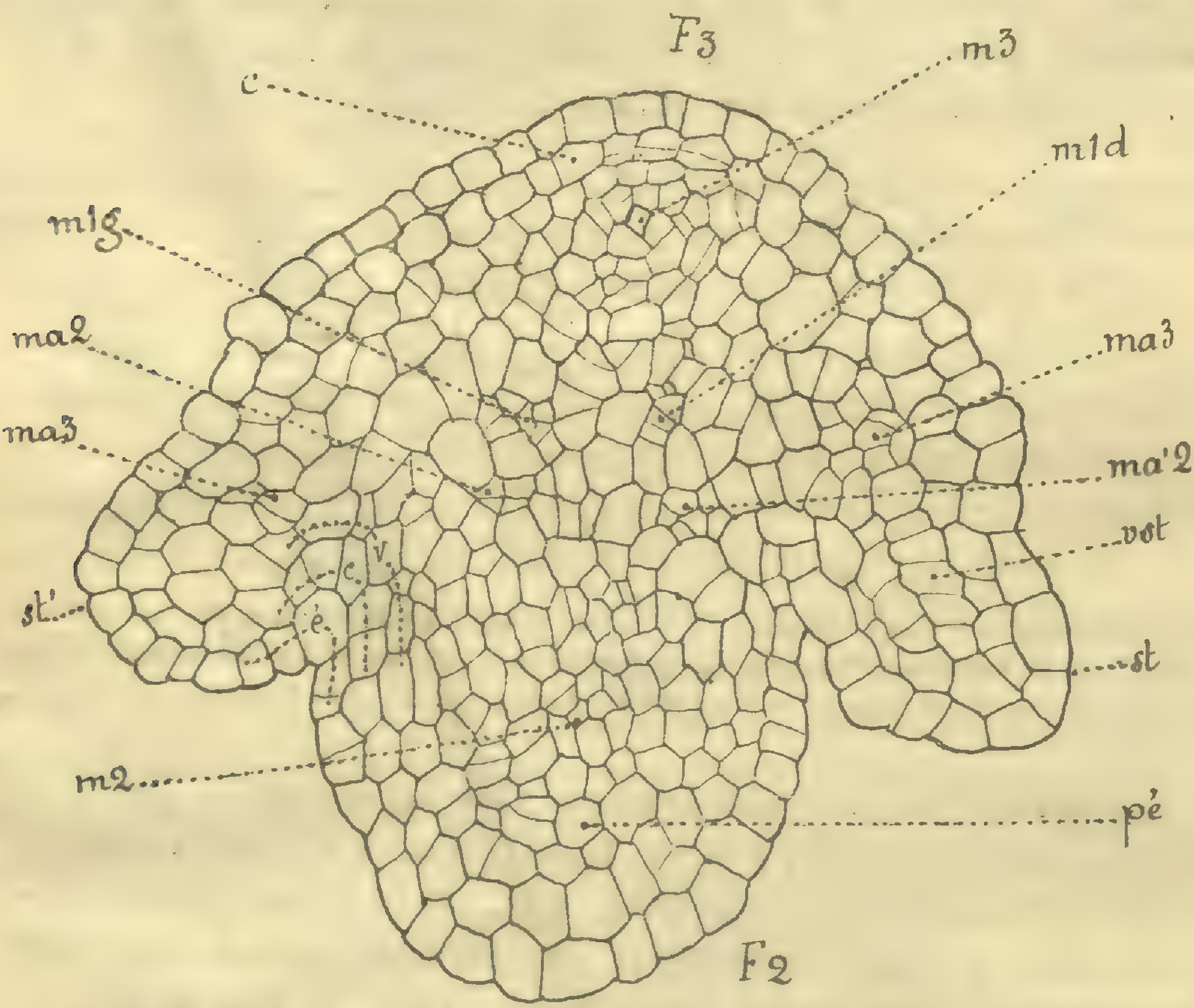


Fig. 101. — *Vicia Sativa*. Même coupe que dans la fig. 99 examinée au grossissement de 400/1. — *é*, jonction de la région épidermique; *c*, de la région corticale; *v*, de la région vasculaire des premiers segments foliaires; *st*, *st'*, stipules; *pé*, région péricyclique; *m1d*, *m1g*, demi-faisceaux de la première trace foliaire dédoublée; les autres faisceaux comme précédemment.

plutôt de cette base foliaire, deux faisceaux marginaux, *ma 3*, *ma' 3*. Ils naissent, comme tous les faisceaux que nous avons vus jusqu'ici, dans le méristème vasculaire.

Considérons maintenant le méristème vasculaire de la région *F 2*, la trace foliaire *m 2*, qui était bien marquée dans la figure précédente, l'est moins nettement dans celle-ci. Toutefois il est visible que la partie la plus différenciée de son faisceau s'est avancée jusqu'en *m 2* : c'est un fait du même genre que nous avons vu dans la fig. 89, *fm*. La partie *pé*, fig. 101, située en dehors du faisceau serait donc du péricycle.

Qu'est devenue la trace foliaire *F 1*, qui était ébauchée dans la fig. 98? Malgré la faible différenciation des tissus, il est possible de le savoir exactement. Près de l'extrémité ligneuse du faisceau médian de *F 3*, (*m3*), nous trouvons deux îlots de méristème vasculaire à cellules recloisonnées, (*m 1d*, *m 1g*).

Ces deux îlots proviennent du dédoublement de la trace foliaire *F1*, et chacune des moitiés est orientée dans le sens des faces latérales du faisceau *m3*. Nous retrouvons ici, mais au stade le plus jeune, le dédoublement du faisceau médian, que nous avons observé plus haut dans la tige adulte, au voisinage d'une insertion.

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE

PARUS DE 1897 A 1902 (*Suite*).

Vaisseaux et tubes criblés surnuméraires. — Liber interne. — G. Chauveaud (1) montre que, dans la racine d'*Hydrocharis Morsus Ranae*, les vaisseaux du bois, contrairement à l'habitude, apparaissent avant les tubes criblés. Cela tient à l'absence des vrais vaisseaux ligneux; les vaisseaux de la plante sont scalariformes, larges et situés dans la moelle. Il n'existe donc dans cette racine que des vaisseaux surnuméraires. La plante est aquatique et pourvue de longs poils absorbants persistants. Le système criblé est par contre très développé et représenté par les faisceaux libériens et par des tubes criblés médullaires (il y a un tube criblé axile). Le milieu aquatique n'entraîne donc pas une dégradation du système criblé. L'auteur en conclut qu'au point de vue systématique les tubes criblés ont une importance plus grande que les vaisseaux, puisqu'ils sont plus indépendants des conditions de milieu.

Perrot (2) étudie le tissu conducteur surnuméraire des Gentianacées. Il existe souvent dans la racine de ces plantes du tissu criblé médullaire et du tissu criblé intra-ligneux (îlots inclus dans le bois). La tige possède toujours du tissu criblé médullaire et quelquefois des fascicules criblés intra-ligneux (*Orphium* et *Chironia*) déjà signalés par Vesque (1871) ou des fascicules cribro-vasculaires médullaires (*Gentiana lutea*. *G. pneumonanthe*, etc.). Les nervures des feuilles présentent des fascicules criblés dans leur péridesme (on sait que Van Tieghem appelle péridesme le tissu entourant les faisceaux de la feuille et que ce tissu est considéré comme l'homologue du conjonctif du cylindre central de la tige). Le tissu conducteur surnuméraire est, pour l'auteur, complètement indépendant des formations libéroligneuses normales.

Künkele (3) décrit dans la moelle de l'Aune des faisceaux sans relation avec les feuilles et sans union avec l'anneau libéroligneux normal. Ils atteignent 8 à 10 centimètres de long. Ce sont des faisceaux surnuméraires propres à la moelle.

---

(1) G. Chauveaud : *Sur la structure de la racine d'Hydrocharis Morsus Ranae* (Rev. gén. de Bot., t. 9, 1897).

(2) Perrot : *Sur le tissu criblé extra-libérien et le tissu vasculaire extra-ligneux* (C. R. Ac. Sc., t. 125, 1897)

(3) Künkele : *Ueber Strangbildungen im Marke von Alnus glutinosa* (Bot. Centralbl., t. 73, 1897).

Chez *Gelsemium sempervirens*, les faisceaux caulinaires ont un liber interne qui, d'après Thompson (1), s'accroît par un cambium propre jusqu'à remplir totalement la cavité produite par la disparition de la moelle.

Leisering (2) distingue deux modes de formation des tubes criblés intraligneux chez les Dicotylédones : 1° le liber secondaire est recouvert par un nouveau cambium extérieur qui fonctionne normalement et produit du bois en dehors de ce liber (Chénopodiacées, Amarantacées, Phytolaccacées, Nyctaginées, Aisoacées, Hippocratéacées, Plombaginées, Mélastomacées, Loranthacées, Thyméléacées, Combrétacées, Icacinées, Loganiacées ; probablement aussi Salvadoracées, *Scopolia* parmi les Solanacées, *Chironia* parmi les Gentianacées, *Barbesia* parmi les Acanthacées) ; 2° Les tubes criblés se différencient dans le parenchyme ligneux demeuré cellulosique (Crucifères, Cucurbitacées, Campanulacées, Ænothéracées, Lythracées, *Atropa* et *Datura*, Gentianacées, Légumineuses, Malphyghiacées, *Lyonsia* (Apocynacées), Asclépiadacées, Acanthacées) ; c'est à ce groupe que Scott et Brebner rattachent les plantes possédant des tubes criblés intraligneux dans leur axe hypocotylé.

La section d'une tige d'*Actinostemma biglandulosa* (liane de la famille des Cucurbitacées-Févillées) montre d'après Wallace (3) cinq faisceaux externes et cinq internes (dont deux rudimentaires). Ces faisceaux sont nettement collatéraux au début. Ils deviennent bicollatéraux par adjonction d'un liber interne qui s'accroît bientôt grâce à un cambium spécial. Plus tard le liber interne s'étend sur les flancs des cordons ligneux, de sorte que finalement ceux-ci sont complètement entourés de liber. Le liber interne ne pénètre pas dans la feuille. A la base des tiges âgés apparaissent en outre des faisceaux accessoires anastomosés par places avec les faisceaux normaux et provenant d'un cambium péricyclique.

Baranetzki (4) reprend l'étude des faisceaux dits bicollatéraux. On sait que d'après Hérail (1885) les Cucurbitacées seules possèdent des faisceaux bicollatéraux, chez toutes les autres plantes, le liber interne est d'origine médullaire et plus ou moins tardif. Pour Lamounette (1890) le liber interne est toujours de différenciation postérieure aux faisceaux ; même chez les Cucurbitacées, il n'existe pas de faisceaux bicollatéraux.

---

(1) Thompson : *The structure and development of internal phloem in Gelsemium sempervirens* (Act. Public. Univ. Pensylv., 1898).

(2) Leisering : *Ueber die Entwickelungsgeschichte des interxylaren Leptoms bei den Dicotyledonen* (Bot. Centralbl., t. 80, 1899).

(3) Wallace : *On the stem structure of Actinostemma biglandulosa* (Ann. of Bot., t. 14, 1900).

(4) Baranetzki : *Sogenannte bicollaterale Gefässbündel* (Bot. Centralbl., t. 87, 1900). — *Rech. sur les faisceaux bicollatéraux* (Ann. Sc. nat. Bot., 8e S., t. 12 1901).

C'est aussi l'avis de Baranetzki. Les faisceaux surnuméraires peuvent être complets (vaisseaux et tubes criblés) ou incomplets (tubes criblés seuls) ou complets dans une partie seulement de leur parcours. Les tubes criblés situés chez diverses Dicotylédones en dedans des faisceaux normaux (liber interne), représentent des faisceaux autonomes, capables de s'épaissir grâce à un cambium propre, à fonctionnement unilatéral, comme l'a dit Vesque. Les vaisseaux surnuméraires naissent toujours dans la zone de méristème qui produit les faisceaux normaux. Cette zone continue à s'élargir vers l'intérieur aux dépens des cellules attenantes du méristème fondamental et c'est dans ses assises internes que paraissent les fascicules surnuméraires incomplets (Solanacées) ou complets (*Rumex*, *Aralia*). Lamounette dit que les premiers vaisseaux formés naissent à la limite même de la moelle, Flot déclare qu'il y a toujours au moins une ou deux cellules entre le premier vaisseau et la moelle. Cette divergence tient à l'absence de limite nette de la moelle future. L'activité du méristème de l'anneau formatif s'affaiblit graduellement vers son bord interne tandis que de nouvelles assises du méristème fondamental s'adjoignent à lui de ce côté. La limite de la moelle est donc arbitraire. Les divers tissus ne proviennent pas toujours de couches bien définies du méristème primitif. Chez beaucoup de plantes, l'assise interne de l'anneau formatif donne la zone périmédullaire de Flot ; mais chez un grand nombre d'autres, l'activité de ce tissu se propage vers le centre et produit de nouveaux fascicules conducteurs ordinairement incomplets. C'est là un perfectionnement. Quatorze familles de plantes possèdent ces fascicules internes dans toutes leurs espèces (sept Gamopétales, cinq Dialypétales Myrtiflores, les Thyméléacées qui en sont voisines, seules les Vochysiacées (Géraniales) sont situées plus bas dans l'échelle végétale). On en trouve aussi, mais chez certaines espèces seulement, dans neuf familles (six Gamopétales ; Ombellifères, Géraniacées et aussi Polygonacées).

Col (1) déclare que presque tous les faisceaux médullaires (y compris le liber interne) sont des trajets anormaux de faisceaux normaux ; leur position relative constitue seule l'anomalie. Ces faisceaux criblés ou cribrovasculaires ont un trajet tantôt très court, tantôt plus ou moins long jusqu'à constituer des faisceaux entièrement anormaux. Seules certaines Cucurbitacées possèdent des faisceaux véritablement surnuméraires en ce sens qu'ils sont partout placés de façon anormale. Des Ombellifères et des Polygonées semblent en posséder aussi, mais ce sont sans doute de simples anastomoses entre les trajets de faisceaux foliaires. Les faisceaux médullaires diminuent presque toujours de volume de haut en bas et se raccordent indirectement, par accolement latéral, à un faisceau foliaire inférieur. C'est le défaut de place qui fait que les faisceaux allant du pétiole à la tige deviennent médullaires. On voit souvent dans cette pénétration le bois se réduire et le liber contourner le bois de façon à devenir partiellement ou totalement interne. Ce mémoire confirme donc, en les étendant à toutes les familles, les travaux de Weiss (1883) et de Lignier (1887).

---

(1) Col : *Sur les relations des faisceaux médullaires et des faisceaux dits surnuméraires avec les faisceaux normaux* (Journ. de Bot., t. 16, 1902).

Vuillemin (1) propose de donner le nom de bois intermédiaire à tous les fascicules vasculaires qui se distinguent du bois normal, soit par leur origine, soit par leur position, soit par leur ordre de développement. Le bois primaire est caractérisé à ce triple point de vue par sa formation aux dépens du méristème primitif, en direction centripète et en forme de bandes rayonnantes. Le bois secondaire provient en direction centrifuge d'un méristème secondaire formé dans le péricycle et le conjonctif du cylindre central. Loin d'être une anomalie, le bois intermédiaire est une manifestation de la loi de continuité. C'est une étude de la racine de *Gentiana ciliata,* qui conduit l'auteur à ces conclusions : là se forment des vaisseaux dans la région du péricycle qui est appelée à donner du bois secondaire, mais avant tout cloisonnement en méristème secondaire. Comparer ce résultat aux travaux de Gaston Bonnier et à ceux de Chauveaud résumés antérieurement.

Tige. — D'après Baraniecki (2), le développement des tissus chez les Monocotylédones présente beaucoup plus de variété que chez les Dicotylédones. Il existe plusieurs types de différenciation des cordons procambiaux des Monocotylédones : 1° Les cordons procambiaux se différencient dans le méristème primitif dans l'ordre centripète, les internes étant les derniers formés (*Dracoena elliptica*). Dans les types suivants, la formation des tissus se complique de l'existence d'un véritable méristème secondaire, dans lequel apparaissent de nouveaux cordons procambiaux. 2° Il y a sous l'épiderme un anneau cambial ou anneau formatif (Bildungsring) produisant un méristème où se différencient de nouveaux cordons procambiaux dans l'ordre centrifuge (*Dendrobium nobile*). 3° L'anneau formatif est situé à la limite du cylindre central et de l'écorce et donne des cordons de différenciation centrifuge vers l'intérieur, centripète vers l'extérieur (Zingibéracées : *Alpinia* et *Hedychium*). 4° Les deux anneaux des types 2 et 3 existent simultanément, mais l'anneau profond ne se cloisonne que vers l'intérieur (Aracée : *Epipremnum mirabile*). 5° Seuls quelques cordons procambiaux, les premiers apparus, dérivent du méristème primitif, tous les autres proviennent dans l'ordre centrifuge d'un méristème sous-épidermique (*Ruscus* divers, *Bambusa arundinacea*, une Aracée : *Eustrephus angustifolius*). Sanio considère à tort ce type entièrement centrifuge comme général. On sait que les faisceaux ont un trajet compliqué ; les divers points d'un même cordon n'ont pas la même origine.

---

(1) Vuillemin : *Le bois intermédiaire* (C. R. Ac. Sc., t. 135, 1901).

(2) Baraniecki : *La formation des tissus définitifs dans le point végétatif des Monocotylédones* (Kiew, 1897).

Le tissu interfasciculaire lui-même est d'origine variée. L'anneau formatif n'est pas comparable au tissu qui se trouve chez les Dicotylédones entre l'écorce et la moelle. Ce dernier se cloisonne en tous sens, tandis que celui des Monocotylédones fonctionne comme une assise génératrice de tissus secondaires et donne naissance sur son bord interne, parfois sur ses deux bords, à des files de cellules qui n'acquièrent plus de cloisons tangentielles bien que se divisant dans d'autres directions. La position sous-épidermique du cambium prouve qu'il n'existe pas chez les Monocotylédones de région homologue à l'écorce primaire des Dicotylédones. L'écorce primaire manque également aux espèces qui ne possèdent pas cet anneau cambial (*Dracæna*, Zingibéracées) ; les tissus extérieurs au cylindre central dépendent des gaînes foliaires et non de la tige.

VAN TIEGHEM (1) montre que la croissance en longueur de la tige, considérée jusqu'à présent comme exclusivement internodale, peut être nodale ou à la fois nodale et internodale. C'est même un fait assez répandu. L'auteur a déjà mis en évidence l'élongation du nœud cotylédonaire chez les Cypéracées et les Avénoidées. *Tigridia* (Iridacées) se comporte de même. La croissance des rameaux de *Picea*, celle des rameaux longs de *Larix* et de *Pinus* est exclusivement nodale ; d'ailleurs toutes les fois qu'il existe des coussinets foliaires, on a affaire à une élongation du nœud et à une concrescence des feuilles. Le travail de Baranetzky (2) tend à montrer que chez toutes les Monotylédones à feuilles engaînantes, la zone externe de la tige est formée par la partie inférieure des gaînes foliaires concrescentes ; là aussi la croissance est exclusivement nodale. Van Tieghem passe en revue divers cas d'élongation des nœuds. Considérons le plus simple. La feuille ne reçoit qu'une méristèle traversant plus ou moins obliquement l'écorce. Il y a un point où la méristèle sort du cylindre central et un point où elle entre dans la feuille, ce qui permet de distinguer trois régions. Si la tranche inférieure s'allonge seule, l'insertion de la feuille se trouve au sommet du nœud; il n'y a pas de méristèle corticale (*Picea*, *Larix*, *Pinus*, *Thuya*, *Cupressus*, nœud cotylédon, du Blé, de l'Orge, du Seigle). Pas de méristèle corticale quand la tranche supérieure s'allonge seule, mais l'insertion de la feuille se fait à la base du nœud. Lorsque la tranche moyenne s'allonge, il y a lieu de distinguer deux cas. Si la méristèle est oblique vers le haut, l'insertion se trouve en haut et il existe une méristèle corticale orientée normalement (*Casuarina*). Si au contraire la méristèle est oblique vers le bas, l'insertion a lieu en bas et la méristèle corticale est d'orientation inverse (nœud cotylédonaire des Cypéracées, de *Tigridia*; ce dernier porte à son sommet la gaîne, à sa base le limbe du cotylédon). Lorsque plusieurs tranches s'allongent simultanément (*Buxus*, *Nothobuxus*) ou lorsque la feuille reçoit plusieurs méristèles, la complication devient plus grande. L'auteur examine un certain nombre d'exemples.

---

(1) Van Tieghem : *Sur l'élongation des nœuds* (Ann. Sc. nat. Bot., 8e S., t. 5, 1898).

(2) Baranetzky : *Sur le développement des points végétatifs des tiges chez les Monocotylédones* (Ann. Sc. nat. Bot., t. 3, 8e S., 1897).

Hermann Fischer (1) déclare qu'à aucun point de vue, la position mise à part, le péricycle de la racine n'est comparable à celui de la tige et propose de réserver pour la tige le nom de *péricycle* créé par Van Tieghem et de conserver pour la racine celui de *péricambium* donné par Nægeli et Leitgeb à cette région de la racine. L'endoderme de la tige n'est différencié que chez 32 pour cent des Dicotylédones. La limite de l'écorce et du cylindre n'est pas nettement indiquée chez les Conifères, les Monocotylédones et 68 pour cent des Dicotylédones. L'anneau mécanique des Monocotylédones diffère complètement du péricambium de la racine par sa structure, sa fonction, son origine. Il en est de même du péricycle de toutes les tiges. Le terme de péricycle désigne un ensemble complexe de tissus situés entre l'endoderme et les faisceaux dans la tige.

La moelle de diverses Dicotylédones ligneuses est entrecoupée de couches cellulaires spéciales ou diaphragmes, aux nœuds ou dans les entrenœuds. Magocsy-Dietz (2) étudie les diaphragmes nodaux. Les cellules ressemblent à celles de la périphérie de la moelle, mais elles sont courtes. Les faisceaux ne pénètrent jamais dans les diaphragmes, mais on y trouve des cellules à cristaux (*Broussonetia*, *Forsythia*), des laticifères (*Ficus*, *Broussonetia*). Les cellules des diaphragmes sont lignifiées et renferment de l'amidon ainsi que de l'huile et du tanin. Quand la moelle se résorbe, les diaphragmes persistent et servent de réservoir d'amidon et d'eau ; ils ont aussi un rôle mécanique de consolidation et permettent au bois de supporter un poids plus lourd. Ils servent aussi à empêcher la pénétration dans la moelle des substances étrangères, en cas de blessures. Les diaphragmes peuvent être utilisés comme caractères systématiques.

D'après les recherches de Barsickow (3), l'accroissement en diamètre du tronc des Palmiers est dû surtout à l'augmentation du volume des cellules parenchymateuses. Chez *Oreodoxa regia* et *Phœnicophorium Seychellarum*, le facteur principal de l'épaississement du stipe est l'élargissement des lacunes et la formation d'espaces intercellulaires nouveaux. L'accroissement en largeur des faisceaux de *Cocos nucifera* provient non d'une multiplication des cellules, mais d'un allongement des fibres qui glissent l'une sur l'autre. Il n'existe de divisions cellulaires qu'à la base du *Phoenix reclinata*. L'auteur n'a étudié que les quatre espèces citées.

---

(1) Hermann Fischer : *Der Pericycel in den freien Stengelrorganen* (Jahrb. wiss. Bot., t. 35, 1900).

(2) Magocsy-Dietz : *Das Diaphragma in dem Marke dicotyle Holzgewächse* (Math. naturw. Ber. aus Hugarn, 1902).

(3) Barsickow : *Ueber das secundäre Dickenwachsthum der Palmen in den Tropen* (Verbandl. phys. medic. Ges. Würzburg, 1901).

Quéva (1) signale un cas d'accroissement secondaire dans les faisceaux d'une Monocotylédone. Les faisceaux de *Gloriosa superba* ont une zone cambiale dont le fonctionnement donne naissance à du liber et à du bois secondaires.

Le sort de l'écorce et du péricycle durant le développement des tissus libéroligneux secondaires préoccupe divers auteurs. L'écorce est étudiée à ce point de vue par Eberhardt. L'écorce se prête assez longtemps, sans éclater, à l'extension du cylindre central. Dans le Frêne, les cellules corticales comprimées entre le liège sous-épidermique et le bois subissent un écrasement. Dans les assises profondes, l'aplatissement des cellules est accompagné de cloisonnements radiaux, tandis que dans les autres couches les cellules sont dissociées et même déchirées. Les lacunes s'étendent dans le sens radial; les cellules voisines isolent parfois par une cloison leur partie saillante dans l'espace libre. Chez le Chêne, le Charme, le Cerisier, etc., c'est surtout grâce à ses lacunes que l'écorce suit le développement du cylindre central. Chez le Sorbier, le Robinier, etc., c'est de préférence par des cloisonnements, tandis que, chez le Tilleul et quelques autres, l'écrasement des cellules semble prédominer.

Mad. Schwabach (2) suit les modifications de l'anneau mécanique péricyclique chez les plantes grimpantes. L'anneau continu de stéréome des Aristolochiacées, Sapindacées, Lardizabalacées, Ménispermacées, éclate sous la poussée des tissus secondaires ; les cellules voisines viennent combler les vides et cela si rapidement qu'on ne voit pas d'espace libre. La sclérification des cellules de remplissage est également très rapide. C'est surtout dans le prolongement des rayons médullaires que se produisent les crevasses. La pénétration des éléments parenchymateux se fait par les deux bords externe et interne de l'anneau. L'auteur critique les vues de Schenk, qui croit à un retour des cellules scléreuses à l'état de méristème. En réalité, il ne s'agit pas d'une transformation des cellules, mais de la pénétration du parenchyme voisin entre les fibres dissociées.

---

(1) Quéva : *Sur un cas d'accroissement secondaire dans les faisceaux primaires d'une plante monocotylédone* (Afas, Saint-Etienne, 1897). — *Anatomie des Uvulariées* (Id.).

(2) Schwabach : *Ueber die Vorgange bei der Sprennung des mechanischer Ringes bei einigen Lianen* (Bot., Centralbl., t. 1898).

(*A suivre*). H. Ricôme.

430 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

RÉCENTES PUBLICATIONS BOTANIQUES

G. Retzius : *Die Spermien der Fucaceen* (Biolog. Untersuch. von Prof. G. Retzius) (Neue Folge, 1906).

L. Vidal : *Anatomie de la racine et de la tige de l'*Eritrichum nanum (Assoc. fr. Avanc. Sc., Congrès, Cherbourg, 1905).

Vidal et Offner : *Sur les limites altitudinales et les caractères distinctifs des* Juniperus nana *et* J. communis (Arch. flore jurassienne, 1906).

R. Kidston : *On the internal Structure of Sigillaria elegans of Brongniart's, « Histoire des végétaux fossiles »* (Trans. royal Soc. Edinburgh, 1905).

Adolf Sperlich : *Ergänzungen zur Morphologie und Anatomie der Auslaüfer von Nephrolepis* (Flora, 1906).

G. R. Wieland : *American Fossils Cycads* (Carnegie Institution of Washington, 1906).

Ch. Bernard : *Sur la distribution géographique des Ulmacées* (Bull. Herb. Boissier, 1905).

A. Cogniaux : *Note sur une Cucurbitacée nouvelle de la Chine* (Herpetospermum grandiflorum) (Bull. Soc. Bot. belge, 42, 1905).

Ph. Eberhardt : *La Badiane au Tonkin* (Bull. écon. Indo-Chine, 1906).

O. Lignier : *Note sur l'accroissement radial des Troncs* (Bull. Soc. Linn. Normandie, 1905).

P. G. Pellanda : *La flora estiva dei Monti d'Oropa* (Biella, Tipografia G. Testa, 1906).

E. N. Transeau : *Forest centers of eastern America* (American Naturalist, 1905).

V. B. Wittrock : *Botanisk-Historiska fragment* (Stokholm, 1906; Isaac Marais).

G. Emilio Anastasia : *Le varietà tipiche della Nicotiana Tabacum* (R. Istituto sperem. Tabacchi in Scafati, 1906).

L. Beille : *Contribution à l'étude des genres Corynanthe et Pausinystalia nov. gen. Pierre* (Actes Soc. Linn., Bordeaux, 1906).

William Crocker : *Role of Seed Coats in Delayed Germination* (Bot. Gaz., octobre 1906).

M. Daveau : *Mission des Pêcheries de la Côte occidentale d'Afrique. — Botanique* (Actes Soc. Linn., Bordeaux, 1906).

M^me^ Olga Fedtschenko : *Eremurus Aucherianus ei Eremurus Korolkowi. Note critique* (Bull. Jardin Bot., Saint-Pétersbourg, 1906).

T. G. Hill et E. de Fraine : *On the Seedling Structure of Gymnosperms* (Ann. of Bot., 1906).

M. Gandoger : *Le genre Eriogonum (Polygonacées)* (Bull. Soc. Bot. Belge. Tome 42, 1905).

Guébhard : *Sur l'anomalie en jabot des feuilles de Saxifraga crassifolia et sur une autre en forme de tubulure* (Assoc. franç. Avanc. Sc. Cong. Cherbourg, 1905).

J. W. Harshberger : *Phytogeographic Influences in the Arts and Industries of American Aborigines* (Bull. Geog. Soc. Philadelphia, 1906).

W. B. Hemsley : *On the Julianiaceæ, a new Natural Order of Plants* (Ann. of Bot., 1906).

T. G. Hill : *On the Seedling Structure of certain Centrospermae.*

Th. Holm : *Bartonia Muehl. An anatomical Study* (Ann. of Bot. 1906).

Kupper Walter : *Uber Knospenbildung an Farnblättern* (Flora, 1906).

H. Léveillé : *Les Gesnéracées de Chine* (Assoc. franç. Avanc. Sciences Congrès, Cherbourg, 1905).

O. Lignier : *Documents anatomiques sur la fleur des Renonculacées* (Mem. Soc. Bot. France, 1906).

H. Matte : *Compléments à la structure mériphytaire du Bowenia spectabilis* (Assoc. franç. Avancem. Sciences, Congrès, Cherbourg, 1905).

Montemartini Luigi : *Sistema meccanico delle Foglio della Victoria Regia* (Atti Ist. Bot. Univers. Pavia, ser. II, vol. IX).

D. Prain : *A Review of the genera Meconopsis and Cathcartia* (Ann. of Bot., octobre 1906).

C. K. Schneider : *Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde* (Fischer, Iéna, 1906).

P. Sévot : *Sur l'oxalate de chaux contenu dans les feuilles des rameaux à bois et à fruits de quelques Rosacées* (Assoc. franç. Avanc. Sciences, Congrès, Cherbourg, 1905).

E. N. Transeau : *Climatic centers and centers of Plant Distribution* (7^e^ Report of Michigan Acad. Sciences).

E. N. Transeau : *The Bogs and Bog flora of the Huron River Valley* (Thèse Michigan, Bot. Gazette, 1906).

Zederbauer : *Ein schlauchartiges Blatt von Pinguicula alpina* (Osterr. bot. Zeitschr. 1905).

Dukinfield H. Scott : *Life and Work of Bernard Renault* (Journ. royal Micr. Soc., 1906).

Grand'Eury : *Sur les Rhabdocarpus, les graines et l'évolution des Cordaïtées* (C. R., 1905, p. 995).

Lille. — Imp. LE BIGOT frères.

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Février 1907

N° 218

*Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.*

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1907

LIVRAISON DU 15 FÉVRIER 1907

Pages

I. — CONTRIBUTION A LA BIOLOGIE DES PLANTES PHANÉROGAMES PARASITES (avec figures dans le texte), par **M. A. Fraysse** 49

II. — RECHERCHES SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES ET SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE (avec planches et figures dans le texte), par **M. Léon Flot** (*suite*). 70

III. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE, parus de 1897 à 1902 (avec figures dans le texte), par **M. H. Ricôme** (*suite*). 91

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON

Planche 7. — *Betula alba*. — *Hedera Helix*.

Cette livraison renferme en outre trente-deux figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques
DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A l'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de **E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS
POULENC FRÈRES
FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS
Siége social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS
Succursale : 122, Boulevard St-Germain
Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

POUR PARAITRE EN MARS

COURS DE BOTANIQUE

par MM.

G. BONNIER
MEMBRE DE L'INSTITUT
Professeur de Botanique à la Sorbonne

LECLERC DU SABLON
Professeur de Botanique
à l'Université de Toulouse

Fascicule IV (2^e partie) Prix : 3 Francs

Ce fascicule, comprenant les Cryptogames vasculaires et les Muscinées, commence le second volume du *Cours de Botanique*.

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER
23, RUE RACINE — PARIS

1. *Aubert du Petit-Thouars*, Hist. part. des plantes Orchidées rec. s. les trois îles australes d'Afrique, de France, de Bourbon et de Madagascar. 1822, 8 p., 2 tabl. 32 p. et 110 pl. rel. Légèrement mouillé. **18 »**
2. *Beer, J.* Prakt. Studien an der Familie der Orchideen Wien 1854, 334 p 12 fig. 1 pl. **7.50**
3. *Blume C.*, Collection des Orchidées de l'Archipel indien et du Japon. Amst. 1858, folio 190 p., 70 pl. col. avec front. (tout paru) rel. . . . . **110 »**
4. *Blume C.*, Bijdragen tot de flora van nederlandsch Indië. 17 Stuckkep. Batavia 1825-26, 1169 p. (complet) en 2 vol. rel. mit. 14 pl. (Tabellen en Platen voor de Javaansche Orchideen) folio **45 »**
5. *Cambessedes J.*, Enumer. plant. quas in insulis Balearibus collegit 1827, 4, 168 p., 9 pl. . . . . **9 »**
6. *Curtel G.*, Rech. physiol. s. la fleur. 1899, 90 p., 5 pl. **4.50**
7. *Cusin et Ansberque*, Herbier de la flore française, Lyon 1867, folio, 191 pl. **50 »**
   Les fleurs sont coloriées
8. *Dalechamp*, Hist. gén. plantes, Lyon, 1615, rel. . . . . **30 »**

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT
Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (V^e)

Prix : *franco*, broché. . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

- **Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.**
- **Projections pour l'enseignement,** lanternes de projections, etc.
- **Enseignement technique, Collections** et **Matériel.**
- **Pièces d'anatomie humaine comparée** et **botanique** en staff et cire.
- **Mammifères, Oiseaux, Reptiles** et **Poissons,** prix à la pièce.
- **Squelettes montés,** prix à la pièce.
- **Insectes européens** et **exotiques,** prix à la pièce.
- **Coquilles,** prix à la pièce.
- **Animaux invertébrés en alcool,** prix à la pièce.
- **Fossiles** et **Minéraux,** prix à la pièce.
- **Cabinets** et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.
- **Livres d'histoire naturelle.**
- **Instruments** pour l'étude des sciences naturelles.
- **Microscopes, Microtomes.**
- **Préparations microscopiques,** instruments pour la **Micrographie.**
- **Meubles** pour le rangement des collections.
- **Tableaux d'histoire naturelle,** collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.
- **Mobilier et Matériel d'enseignement** pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.
- **Musée scolaire** pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.).

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniqnes

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W. Luisenstr. 45	FRANCFORT-s.-M. Kaiserstr. 64
LONDRES 9-15, Oxford Str.	SAINT-PÉTERSBOURG Woskressenski, 11
NEW-YORK 30, East 18th. Str.	CHICAGO 32-38, Clark Street

LA REVUE DU MOIS

Paraît régulièrement le 10 de chaque mois depuis le 10 janvier 1906 par livraisons de 128 pages gr. in-8 (25 × 16)

Chaque année forme deux volumes de 750 à 800 pages chacun

Directeur : **Émile BOREL,** Professeur-Adjt à la Sorbonne.

La *Revue du Mois* est une revue *générale*, conçue à un point de vue *scientifique*. Elle traite les questions de sciences pures et appliquées, d'hygiène, de sociologie, d'histoire générale et diplomatique, d'art militaire, de critique littéraire, à un point de vue plus philosophique que technique, de manière à intéresser tout le public instruit désireux d'être tenu sérieusement au courant du mouvement des idées. Une Chronique et des Notes bibliographiques complètent chaque livraison.

Envoi de prospectus détaillés et de spécimens sur demande adressée aux bureaux de la Revue, 2, boulevard Arago, PARIS

Prix de l'Abonnement :

Un an, Paris, **20** francs ; départements, **21** francs : Union postale, **25** fr.
Six mois — **10** francs ; — **11** francs ; — **12** fr. **50**
Prix de la livraison : **2** fr. **25**

On s'abonne sans frais chez tous les libraires et dans les bureaux de poste

Dépôt général : Librairie H. LE SOUDIER, 174-176, boulevard Saint-Germain, PARIS

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

CONTRIBUTION A LA BIOLOGIE
DES
PLANTES PHANÉROGAMES PARASITES

par M. A. FRAYSSE

J'ai publié dernièrement un mémoire intitulé : *Contribution à la Biologie des plantes Phanérogames parasites* (1). Il est divisé en trois parties.

La première partie concerne à peu près exclusivement les suçoirs de l'*Osyris alba.*

La troisième partie est relative au *Cytinus Hypocistis.*

La deuxième partie, la moins importante en étendue, sert de transition entre les deux autres et aide à concevoir le parallélisme physiologique existant entre les végétaux qui en font l'objet.

Elle comprend une étude comparative rapide des suçoirs de l'*Odontiles rubra*, de l'*Euphrasia officinalis*, du *Lathraea Squamaria*, du *Lathraea Clandestina* et des contacts du *Monotropa Hypopitys.*

Les pages qui vont suivre forment un résumé destiné à faire connaître les résultats généraux auxquels je suis arrivé par l'observation directe de la nature et par l'expérimentation.

I. — OSYRIS ALBA

Biologie générale. — L'*Osyris alba*, Santalacée parasite, appartient essentiellement à la région méditerranéenne.

Il ne présente pas d'aptitude particulière pour un terrain déterminé, il végéte dans tous en se fixant, à une certaine phase de son évolution, à l'aide de suçoirs latéraux ou terminaux, sur les racines ou les rhizomes qu'il peut atteindre (fig. 1).

---

(1) A. Fraysse : *Contribution à la Biologie des plantes Phanérogames parasites*, Thèse Paris 1906, in-8, 180 p., 51 fig. dans le texte, Imprimerie générale du Midi, Montpellier.

Je l'ai trouvé en relation avec plus de quatre-vingts hôtes appartenant aux familles les plus diverses. Planchon et Granel l'ont récolté sur d'autres végétaux.

Il est très faiblement spécialisé dans son parasitisme.

Il existe, néanmoins, quelques végétaux qui sont facilement envahis et dont les racines portent de nombreux suçoirs.

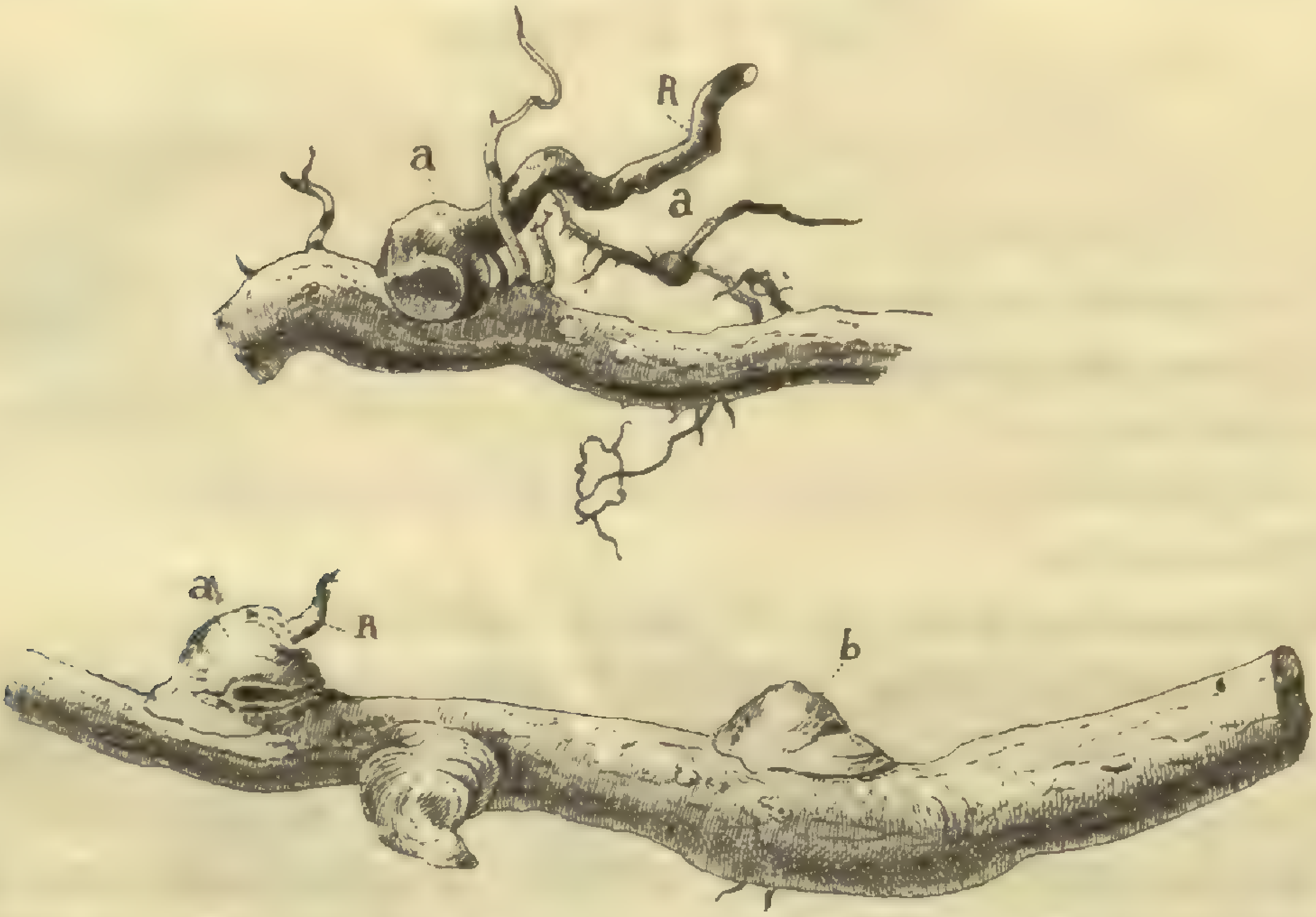


Fig. 1. — Suçoirs latéraux et terminaux. R, racine du parasite : *a*, *a*, suçoirs terminaux ; *b*, suçoir latéral. Gr. nat.

Ce sont : les plantes à nodosités bactériennes (Légumineuses).
— à mycorhizes,
— à tubercules,
— à organes souterrains-amylifères (*Ailantus glandulosa*),
— à glucosides,
— humicoles.

Cette affinité remarquable paraît due à des causes mécaniques et physiologiques. Les organes souterrains de ces plantes ont habituellement, par suite de leur nature propre ou des conditions spéciales du milieu, des tissus facilement digestibles et peuvent fournir au parasite le carbone organique qu'il recherche à peu près exclusivement.

Les suçoirs se rencontrent à une profondeur variant entre 5 et

20 centimètres environ, les plus superficiels sont les plus gros. Ils se développent en toute saison, mais particulièrement en septembre, en octobre et en février.

Cette Santalacée, dont le parasitisme est resté longtemps ignoré, présente une phase de vie libre plus ou moins longue.

Origine des suçoirs. — Les suçoirs se forment généralement dans les racines secondaires de l'*Osyris*. Les premiers cloisonnements se manifestent au niveau du péricycle, de l'endoderme et de l'assise sus-endodermique; le noyau procambial est habituellement placé en face d'un faisceau ligneux primaire (fig. 2). L'origine profonde de cet organe et les relations rhizotaxiques permettent de l'homologuer à une racine normale qui se serait profondément modifiée et adaptée à un mode d'absorption très particulier.

Développement du suçoir. — Les suçoirs sont indiqués au début par la soudure de la racine parasite et de l'organe parasité. Cette soudure est assurée par les extrémités des cellules issues du foyer procambial qui se moulent sur l'écorce de la plante nourricière. Le tissu intermédiaire s'accroît et le corps haustorial s'organise rapidement. Il présente, alors, une partie externe ou *mamelon préhenseur* et une partie interne ou *cône de pénétration*.

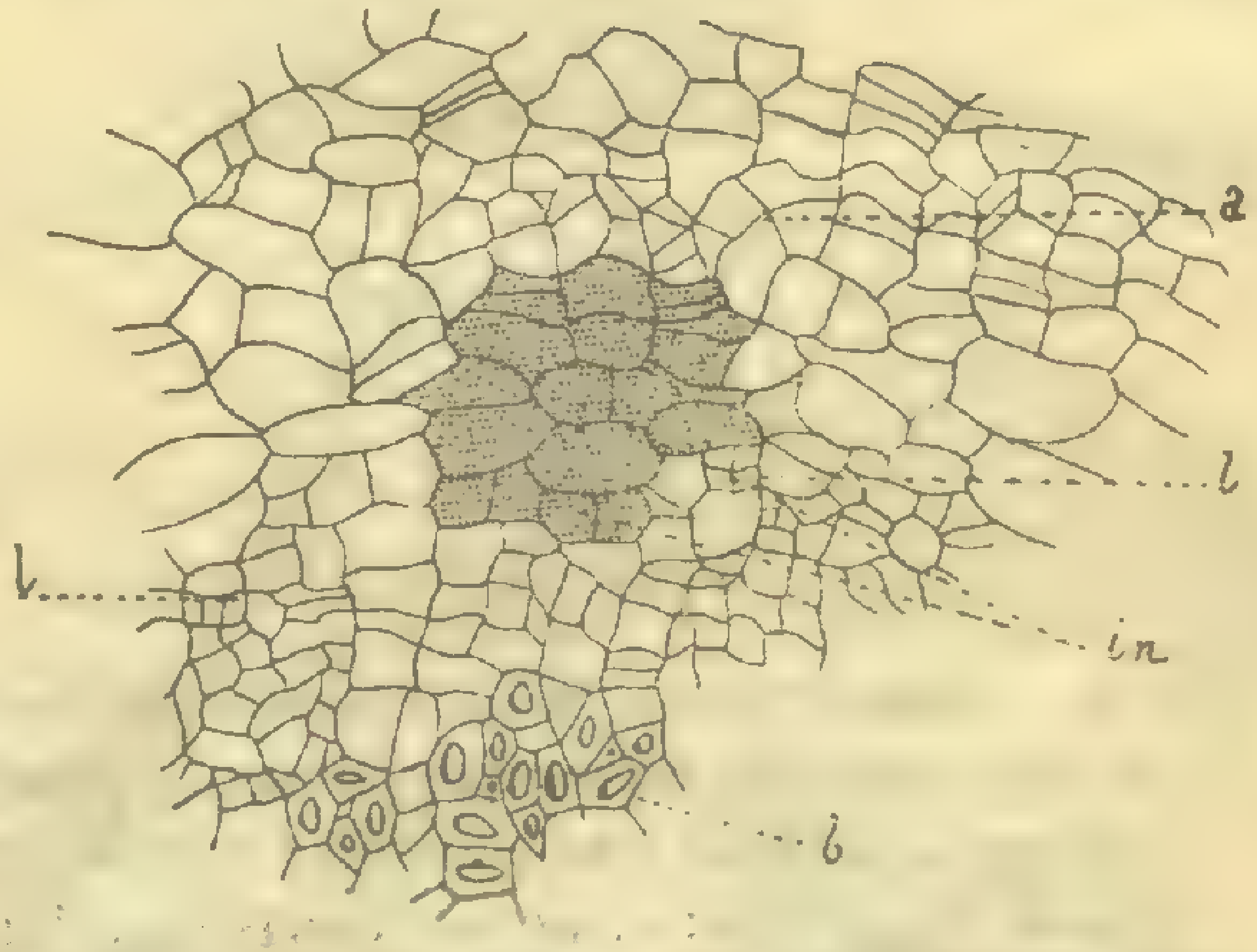


Fig. 2. — Origine du suçoir de l'*Osyris alba* : *a*, écorce ; *b*, bois primaire en face duquel se manifestent les premiers cloisonnements ; *l*, *l*, liber primaire ; *i*, *n*, foyer procambial. Gr. 212.

Durant les premiers stades, le futur mamelon, formé d'un petit nombre d'éléments, s'applique contre la périphérie de l'hôte sans embrasser une grande surface.

Sa structure se réduit : 1° à un parenchyme périphérique ;
2° à un noyau méristématique central ;
3° à une zone intermédiaire (fig. 3).

Les tissus de l'hôte ne sont pas encore perforés et l'appareil vasculaire n'est pas indiqué dans le mamelon. Plus tard, il existe un ensemble de tissus plus divers. Le parenchyme extérieur est plus étendu, une zone de soudure se différencie entre le cône préhenseur et l'organe attaqué. Les tissus de l'hôte sont perforés et en partie digérés. L'organe nourricier est entamé au niveau de l'axe suçoir. De part et d'autre de cet axe, des régions de faible résistance se séparent légèrement de l'hôte témoignant de l'effort mécanique développé par le parasite pour arriver à l'intérieur des tissus hospitaliers. L'appareil vasculaire apparaît quand le suçoir est complètement formé.

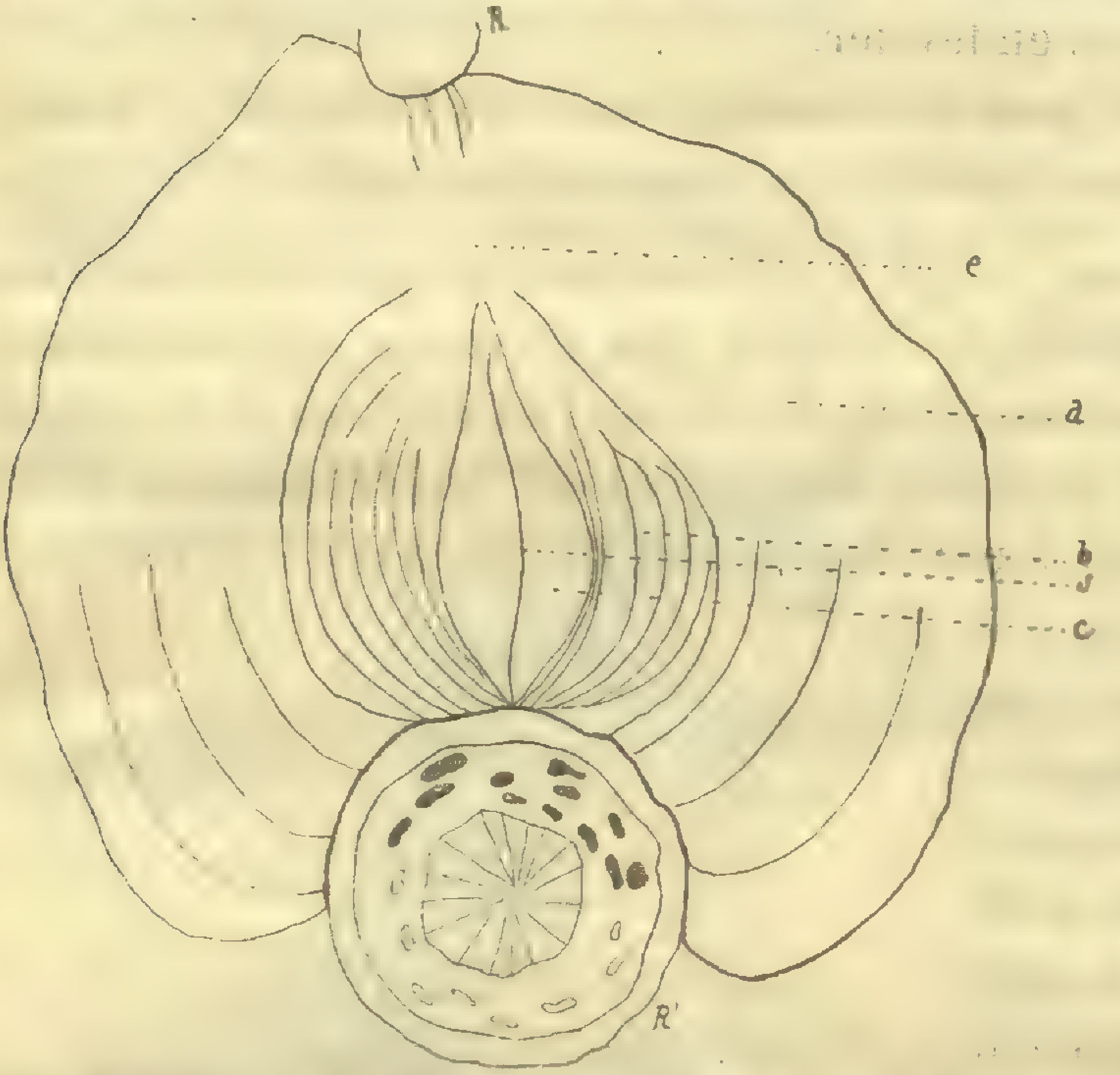


Fig. 3. — Suçoir jeune fixé sur racine de Lierre. R, racine de l'*O. alba*; R', racine parasitée: *a*, parenchyme périphérique; *b*, zone intermédiaire formée d'assises courbes et parallèles; *c*, noyau méristématique central; *s*, sillon axial très apparent; *e*, futur pôle d'épanouissement des vaisseaux. Gr. 30.

ANATOMIE

On peut distinguer deux types essentiels de suçoirs : 1° Les suçoirs simples ; 2° Les suçoirs composés.

I. Suçoir simple. — Un suçoir simple est réduit à un mamelon préhenseur et à un cône de pénétration. Cette dernière partie, très importante au point de vue physiologique, est particulièrement subordonnée à la nature de l'hôte.

Une coupe parallèle à l'axe du mamelon préhenseur offre à considérer :

1° Une zone subéreuse plus ou moins épaisse ;

2° Un parenchyme amylifère à éléments grands, ponctués, avec cellules sécrétrices à oxalate de calcium ;

3° Une bande mécanique de tissus écrasés, d'autant plus épaisse que l'installation a été plus longue et plus difficile ;

4° Plus près de l'axe, une nouvelle région parenchymateuse dont les éléments s'allongent dans le sens de la coupe et passent à la forme libérienne. Ils sont en relation immédiate avec le liber du parasite, mais je n'ai pu révéler dans ces éléments l'existence de cribles ;

5° Une zone génératrice qui conduit au bois ;

6° Un ensemble de vaisseaux, généralement spiralés, formant dans la région apicale un cordon massif. Ce cordon s'étale et se divise au sommet du noyau méristématique central. De ce pôle d'épanouissement les trachées se dirigent vers la base du suçoir et leurs extrémités s'appliquent contre les vaisseaux et le parenchyme ligneux de l'hôte ;

7° Au centre un amas de cellules allongées axialement ;

8° Le mamelon préhenseur adhère fortement à l'organe hospitalier grâce à une large zone de soudure (fig. 4).

Cône de pénétration. — Le cône de pénétration représente la partie du suçoir en contact avec l'écorce, le liber et le bois de l'hôte. C'est la partie réellement active. Les cellules de la dernière assise sont très longues ; leurs parois sont légèrement arrondies et partiellement lignifiées. Ces éléments absorbants se placent entre le bois et le liber de l'organe parasité et recouvrent

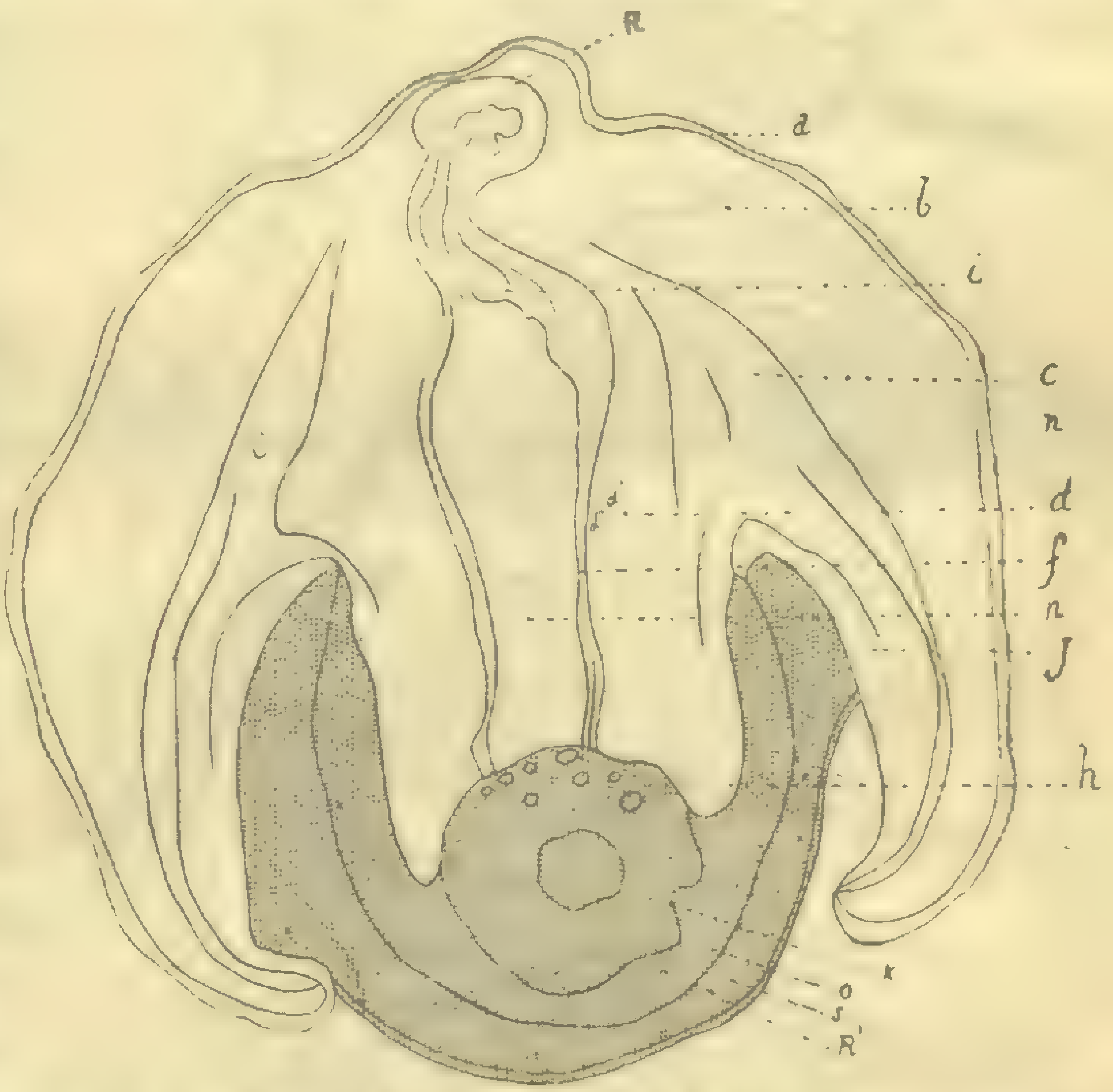


Fig. 4. — Suçoir fixé sur racine de *Rubia peregrina* : R, racine de l'*Osyris* ; R', racine du *Rubia* ; *a*, zone subéreuse ; *b*, parenchyme de réserve renfermant des cristaux d'oxalate de calcium ; *c*, bande mécanique écrasée ; *d*, parenchyme extérieur au liber, d' et à la bande génératrice d'' ; *f*, vaisseaux ; *n*, méristème central ; *j*, zone de soudure ; *i*, pôle d'épanouissement des trachées ; *h*, assise absorbante ; *k*, bois de l'hôte ; *o*, liber ; *s*, écorce. Gr. 15.

une surface plus ou moins grande du cylindre central. Le développement et la forme du cône perforant sont subordonnés à la structure anatomique de l'hôte.

Chez *Coronilla, Astragalus, Rubia, Quercus,* etc., l'écorce de la racine, délicate ou homogène, ne résiste pas longtemps à l'action mécanique et dissolvante du parasite. Celui-ci arrive rapidement jusqu'à la zone génératrice libéro-ligneuse et l'extrémité du cône perforant recouvre, sur une grande étendue, le bois nourricier. C'est le suçoir simple à assise absorbante embrassante (fig. 4).

Suçoir cunéiforme. — Dans les racines ou rhizomes dont le cylindre central renferme un bois moins compact ou de larges rayons médullaires, le suçoir simple présente un cône de pénétration étroit à extrémité arrondie ; il s'enfonce à la manière d'un coin jusqu'au centre de l'organe envahi. Les cellules de l'assise absorbante, entourées souvent par une zone cambiforme, s'élargissent pour accroître la surface d'absorption. Leurs membranes restent minces et se modifient légèrement (fig. 5).

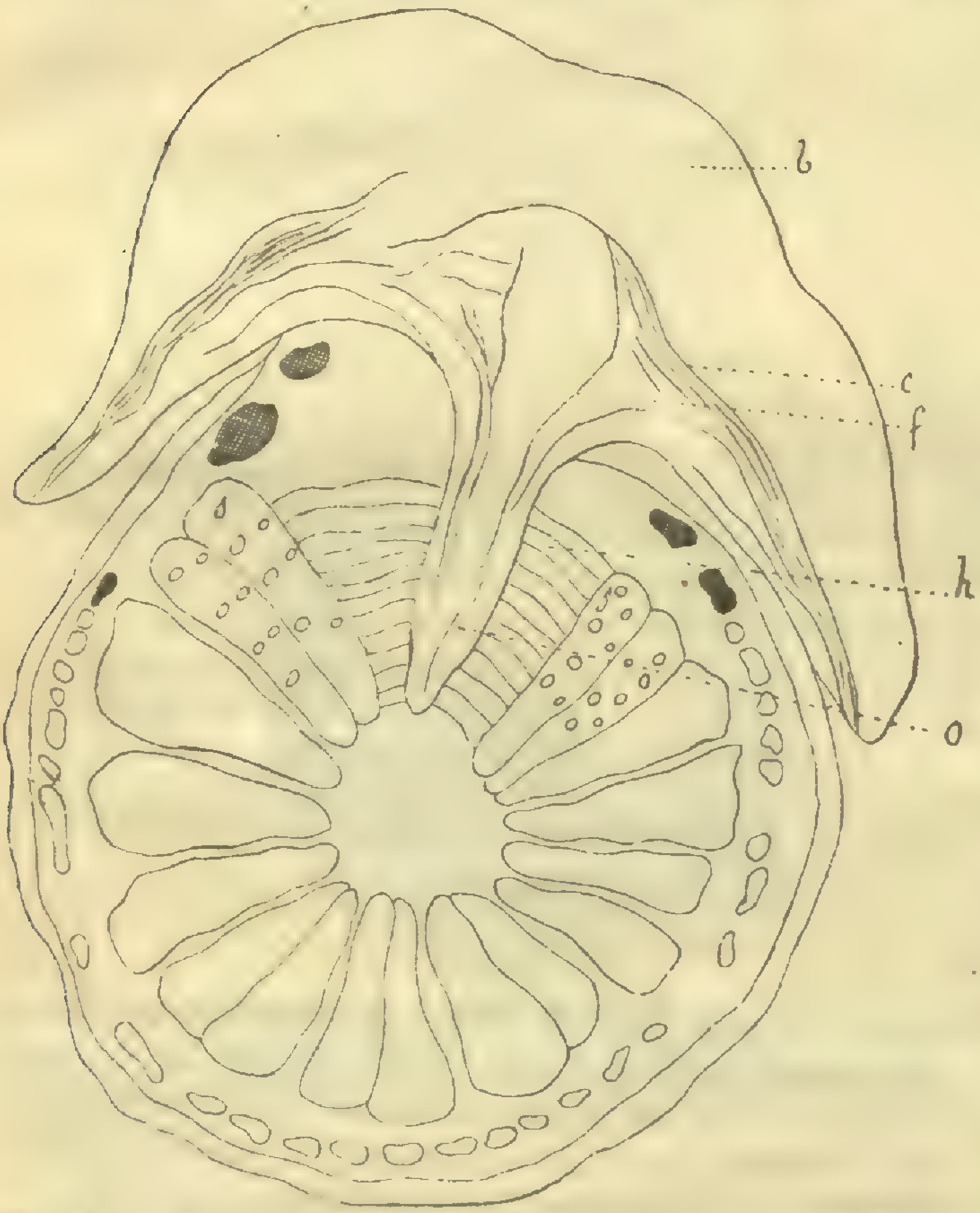


Fig. 5. — Suçoir cunéiforme fixé sur *Eryngium campestre* ; *b*, parenchyme de réserve ; *c*, bande mécanique écrasée ; *f*, vaisseaux ; *h*, zone cambiforme ; *o*, cône de pénétration en coin. Gr. 14.

Suçoir irrégulier. — Dans les rhizomes de Graminées, de quelques Cryptogames vasculaires et dans les tubercules de l'*Aceras anthropophora*, l'extrémité du cône perforant est très irrégulière (fig. 6).

II. **Suçoirs composés.** — Les suçoirs composés apparaissent sur tout organe dont les tissus sont très résistants (Graminées, Equisétacées) et sur une racine de plante quelconque lorsque, par suite de circonstances particulières, la pénétration a été exceptionnellement longue.

Ils correspondent morphologiquement à une succession de suçoirs simples (fig. 7).

L'action déterminante de l'hôte sur la forme du corps haustorial est telle, qu'étant donné la

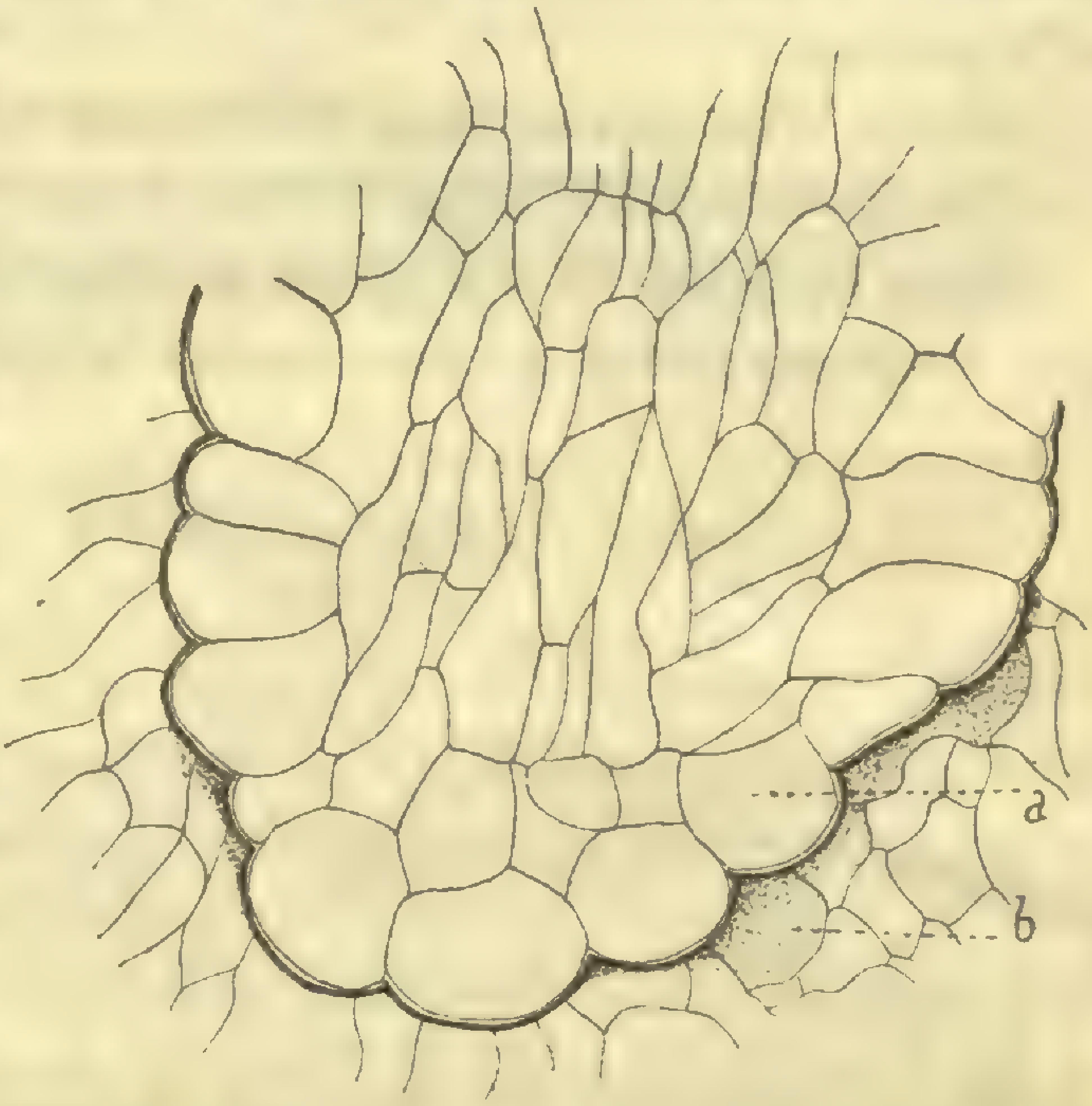


Fig. 6. — Extrémité de suçoir cunéiforme : *a*, cellules absorbantes arrondies; *b*, tissu désorganisé partiellement. Gr. 263.

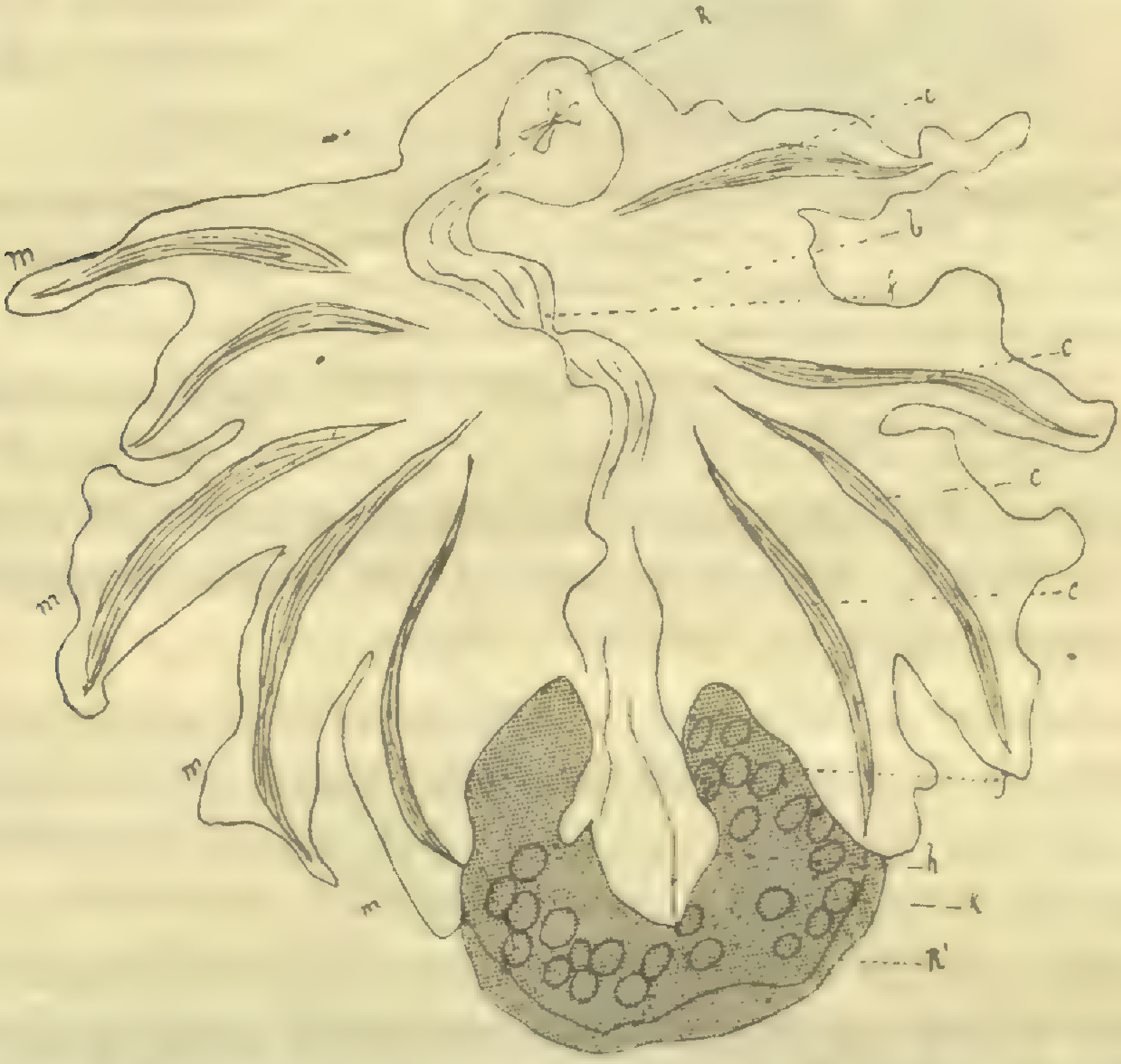


Fig. 7. — Suçoir composé sur rhizome de Graminée. R, racine de parasite; R', racine nourricière; *b*, parenchyme de réserve ; *c*, *c*, bandes mécaniques écrasées ; *f*, vaisseaux ; *j*, zone de soudure ; *h*, assise absorbante ; *k*, faisceaux libéro-ligneux ; *m*, mamelons successifs superposés. Gr. 16.

structure d'un organe, on peut dire, *a priori*, la nature du suçoir qu'il portera.

Les cas d'autoparasitisme confirment cette manière de concevoir les relations anatomiques entre le parasite et son hôte.

Suçoir terminal. — Un suçoir terminal correspond à une extrémité de grosse racine d'*Osyris* renflée et appliquée contre l'organe nourricier.

Certains végétaux paraissent aptes à n'accepter que cette forme (*Ailantus glandulosa*) (fig. 8).

L'homologie entre un suçoir d'*Osyris* et une racine normale, révélée par l'origine et par la structure du premier, devient indiscutable lorsqu'on considère un suçoir terminal.

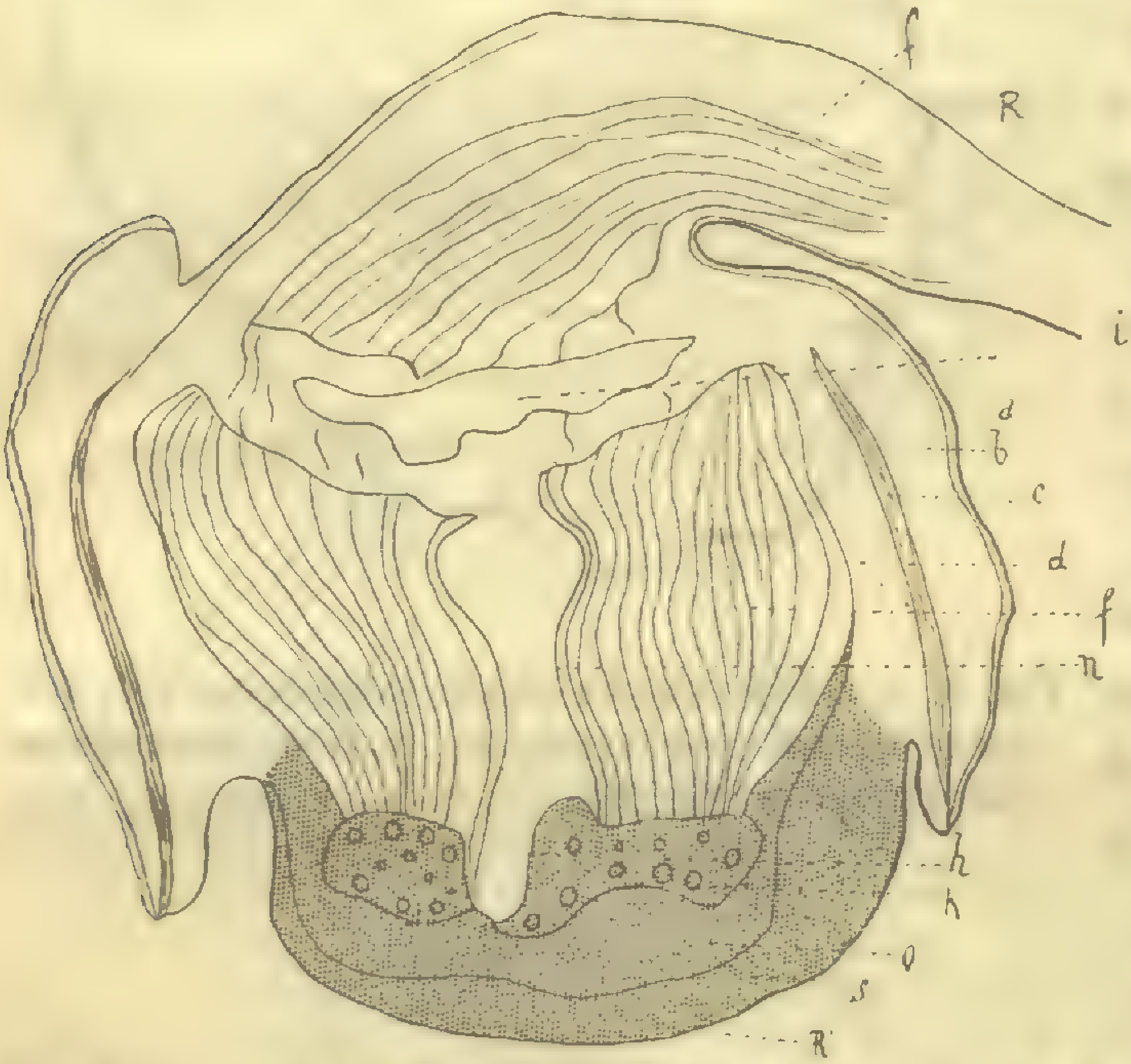


Fig. 8. — Suçoir terminal simple sur racine d'Ailantus glandulosa : *a*, liège ; *b*. parenchyme de réserve ; *c*, bande mécanique ; *d*, liber ; *f*, vaisseaux spiralés ; et annelés ; *n*, méristème central ; *h*, assise absorbante ; *k*, bois ; *o*, liber ; *s*, écorce ; *i*, pôle d'épanouissement des vaisseaux. Gr. 11.

Actions du parasite sur son hôte. — L'installation du parasite entraîne dans le rayon d'activité haustoriale la formation de tissus nouveaux *(tissus de soutien, de défense, de réaction, de cicatrisation)* et des modifications dans les tissus normaux *(gommes, mucilages, thylles, etc.)*.

Processus de cicatrisation. — La chute d'un suçoir est suivie d'un processus de cicatrisation dont voici les termes essentiels :

1° Liège peu épais correspondant à l'assise la plus interne du suçoir en voie de résorption.

2° Zone lignifiée de cellules plus allongée tangentiellement, ponctuées et très amylifères. Dans cette large zone, trois régions différenciées au point de vue de l'orientation des éléments anatomiques.

3° Assise libéro-ligneuse.

4° Liber.

5° Ecorce avec beaucoup de fibres.

5° Périderme externe avec liège très développé.

7° Thylles nombreux dans les vaisseaux du bois situés à l'intérieur des tissus cicatriciels.

PHYSIOLOGIE

Mécanisme général de la nutrition. — L'opinion des physiologistes de la première moitié du XIX^me siècle, sur le mécanisme de la nutrition des végétaux parasites, peut se résumer en ces mots : « *Les plantes parasites dépourvues de feuilles tirent d'autres plantes feuillées un suc déjà élaboré porté ensuite dans les fleurs et les fruits.* »

Cette manière de voir fut ébranlée par Chatin qui montra que le *Loranthus* du *Strychnos* ne renferme pas de strychnine. Plus tard, Mirande a constaté que le *Cuscuta japonica* installé sur *Rhamnus Frangula* ne renferme pas de franguline. Or, les suçoirs d'Osyris fixés sur racine de *Rubia peregrina*, dont l'écorce contient des glucosides chromogènes, ne sont jamais colorés ; sur *Euphorbia*, ils ne renferment pas de latex ; sur *Datura*, ils sont dépourvus d'alcaloïde.

Le parasite, quel que soit l'hôte, conserve donc son absolue individualité, il lui prend toujours les mêmes éléments auxquels il fait subir une élaboration particulière. J'ai essayé de suivre, dans leur marche migratrice, de l'hôte au parasite, certains de ces éléments.

Dans les suçoirs jeunes, en voie de développement, l'amidon est nettement localisé autour du noyau mérismétamique central. Dans la racine nourricière, l'amidon manque au-dessous du mamelon préhenseur. La région pauvre en amidon est essentiellement glucosifère. Dans un suçoir complètement développé, la matière amylacée domine dans le parenchyme périphérique, autour de la racine du parasite, autour des cordons vasculaires et dans le méristème de soudure. Il n'en existe pas dans la racine parasitée autour du cône de pénétration, son absence délimite un secteur qui mesure un rayon d'activité parasitaire. Par contre, le corps réducteur est très abondant dans ce secteur.

Dans le suçoir, il y a trois points essentiellement glucosifères.

Ce sont : l'assise absorbante ;
— la zone de soudure ;
— la région entourant la racine du parasite.

L'amidon de l'hôte est transformé en glucose par l'action continue de l'amylase et d'autres diastases. Les grains, soumis à cette action, sont d'abord corrodés puis complètement digérés ; à leur place apparaît, dans les mêmes éléments anatomiques, le glucose. Le sucre passe par osmose dans le mamelon et de là, dans la racine parasite. La partie qui n'est pas immédiatement utilisée se localise une seconde fois, sous la forme amylacée, dans le suçoir qui devient un véritable tubercule de réserve où l'*Osyris* peut puiser au fur et à mesure de ses besoins.

En un mot, le parasite emprunte à son hôte le glucose et l'amidon après l'avoir hydrolysé. Les cordons vasculaires peuvent puiser dans le bois l'eau et les éléments minéraux que la sève véhicule.

Cette façon de concevoir le mécanisme de la nutrition permet de donner une explication rationnelle des divers cas de spécialisation parasitaire signalés plus haut.

CAUSES DE LA SPÉCIALISATION PARASITAIRE. — Les plantes à nodosités bactériennes comme le *Coronilla glauca*, l'*Astragalus monspeliensis*, le *Lupinus albus*, etc., portent sur leurs racines des suçoirs nombreux et très gros. Ils sont riches en substances de réserve. Or, les bactéries qui peuplent les nodosités cèdent de l'azote à la plante phanérogame sous la forme de produits plus ou moins complexes. Elles effectuent ce travail de synthèse grâce à l'énergie fournie par la dissociation des substances endothermiques, amidon et glucose, qu'elles lui empruntent. Cet état symbiotique ne pouvant se maintenir que par l'échange constant de ces matériaux, la plante verte, pour profiter le plus longtemps possible de cette association, est amenée à produire plus d'hydrates de carbone ou, tout au moins, à tenir à la disposition des microorganismes ceux qu'elle renferme normalement. Les suçoirs, se fixant à la base des racines, au voisinage de la tige, précèdent les Bactéries et leur enlèvent le carbone organique qui leur était destiné. Habituellement, il y a peu de nodosités, lorsque les suçoirs sont nombreux.

Les plantes à mycorhizes sont particulièrement affectables comme hôtes pour des raisons identiques. Déjà, sans en expliquer la cause, Heinricher, Sperlich, Gautier ont signalé que le *Melampyrum pratense* recherche les racines entourées d'un réseau mycélien. D'autre part, les plantes dont les organes souterrains renferment beaucoup d'amidon et de glucose sont recherchées par l'*Osyris*, comme les rhizomes et les racines d'*Ailantus glandulosa* et les tubercules de l'*Aceras anthropophora*. Les racines du *Rubia peregrina* renfermant dans leur région corticale un glucoside coloré, facilement dédoublable en glucose et autres substances, sont en rapport par de nombreux contacts avec les racines de l'*O. alba*.

J'ai également constaté que les plantes humicoles sont très facilement envahies. Leurs tissus, généralement mous, renferment des hydrates de carbone en abondance. L'humus, comme l'a montré J. Laurent, a une valeur alimentaire faible, mais il active la fonction chlorophyllienne.

La microchimie, l'expérimentation et l'observation directe de la nature démontrent que l'*O. alba* emprunte à ses divers hôtes le carbone à l'état de composés solubles.

TANNIN. — Le tannin paraît être un produit d'élimination.

MATIÈRES GRASSES. — Les suçoirs renferment des quantités très variables de matières grasses. Elles se localisent très souvent dans les assises basilaires et vers le point d'épanouissement des vaisseaux.

MODE D'INSTALLATION DU PARASITE. — Il existe dans tous les corps haustoriaux des diastases diverses parmi lesquelles on peut distinguer par leurs effets : l'*amylase*, la *cellulase*, le *ferment gommique*. Elles se rencontrent en trois régions bien déterminées :

Dans la dernière assise absorbante,

Dans la zone d'accolement,

Autour de la racine du parasite.

L'amylase dont on peut constater aisément la présence solubilise l'amidon de l'hôte.

La cellulase agit sur tous les tissus ; son action est très apparente sur les fibres péricycliques, les vaisseaux du bois et le parenchyme ligneux qui se colorent en brun et se désorganisent partiellement. Grâce à cette diastase, le cône de pénétration peut arriver très loin, à l'intérieur de l'organe attaqué.

Le ferment gommique, que révèle la réaction de Wiesner, altère toutes les membranes cellulaires.

II. — ODONTITES, EUPHRASIA, LATHRAEA.

Dans la deuxième partie de ce mémoire, j'ai décrit succinctement les suçoirs de l'*Odontites rubra,* de l'*Euphrasia officinalis*, du *Lathraea Squamaria*, du *L. Clandestina* et les contacts du *Monotropa Hypopitys*.

J'ai suivi avec soin, pour chaque espèce, le mécanisme général de la nutrition et les phénomènes chimiques qui assurent l'installation du parasite sur les hôtes les plus divers.

Ces parasites se fixent sur une foule de végétaux, mais ils présentent une grande affinité pour ceux dont les organes souterrains sont abondamment pourvus d'hydrates de carbone. Ce besoin de carbone organique est d'autant mieux indiqué que le parasitisme de la plante considérée est plus aigu. Ainsi, les suçoirs d'Odontites arrivent habituellement près du centre de la racine envahie (graminées), mais ils s'arrêtent dans l'écorce au voisinage du péricycle, quand cette écorce est amylifère ou glucosifère (*Ranunculus*, *Trifolium*).

Les suçoirs d'*Euphrasia*, plus irréguliers, ne dépassent pas la zone amylifère de l'organe attaqué. Les cellules absorbantes du cône de pénétration, peu différenciées, s'insinuent dans le parenchyme cortical et y puisent le carbone organique pour lequel l'*Euphrasia* paraît exclusivement parasite. D'ailleurs, le corps haustorial est assez souvent dépourvu de tout appareil vasculaire. Ces particularités anatomiques sont en rapport avec les conclusions de G. Bonnier. Cet auteur a montré que dans l'*Euphrasia* l'assimilation chlorophyllienne, sans être nulle, est masquée par la respiration.

Les racines normales de la plante puisent dans le sol l'aliment minéral et dans les tissus nourriciers le carbone organique.

Les suçoirs de *Lathraea* récoltés sur *Alnus* pénètrent toujours jusqu'au bois de la racine-hôte qu'ils désorganisent rapidement (fig. 9).

Le glucose et l'amidon hydrolysé sont absorbés par osmose et utilisés immédiatement par le parasite.

Les suçoirs d'*Odontites*, d'*Euphrasia*, de *Lathraea* ne sont plus comme les suçoirs d'*Osyris* des organes de réserve où l'amidon s'accumule et séjourne. Cela est dû aux exigences plus grandes des parasites et à la durée relativement éphémère de ces curieux organes d'absorption.

Le *Monotropa Hypopitys*, qui vit au milieu des racines de *Pinus*, ne présente pas de suçoirs comparables à ceux des parasites précédemment étudiés, mais de simples contacts. Cependant, au niveau de la soudure de la racine parasite et de la racine parasitée, cette dernière est dépourvue d'amidon.

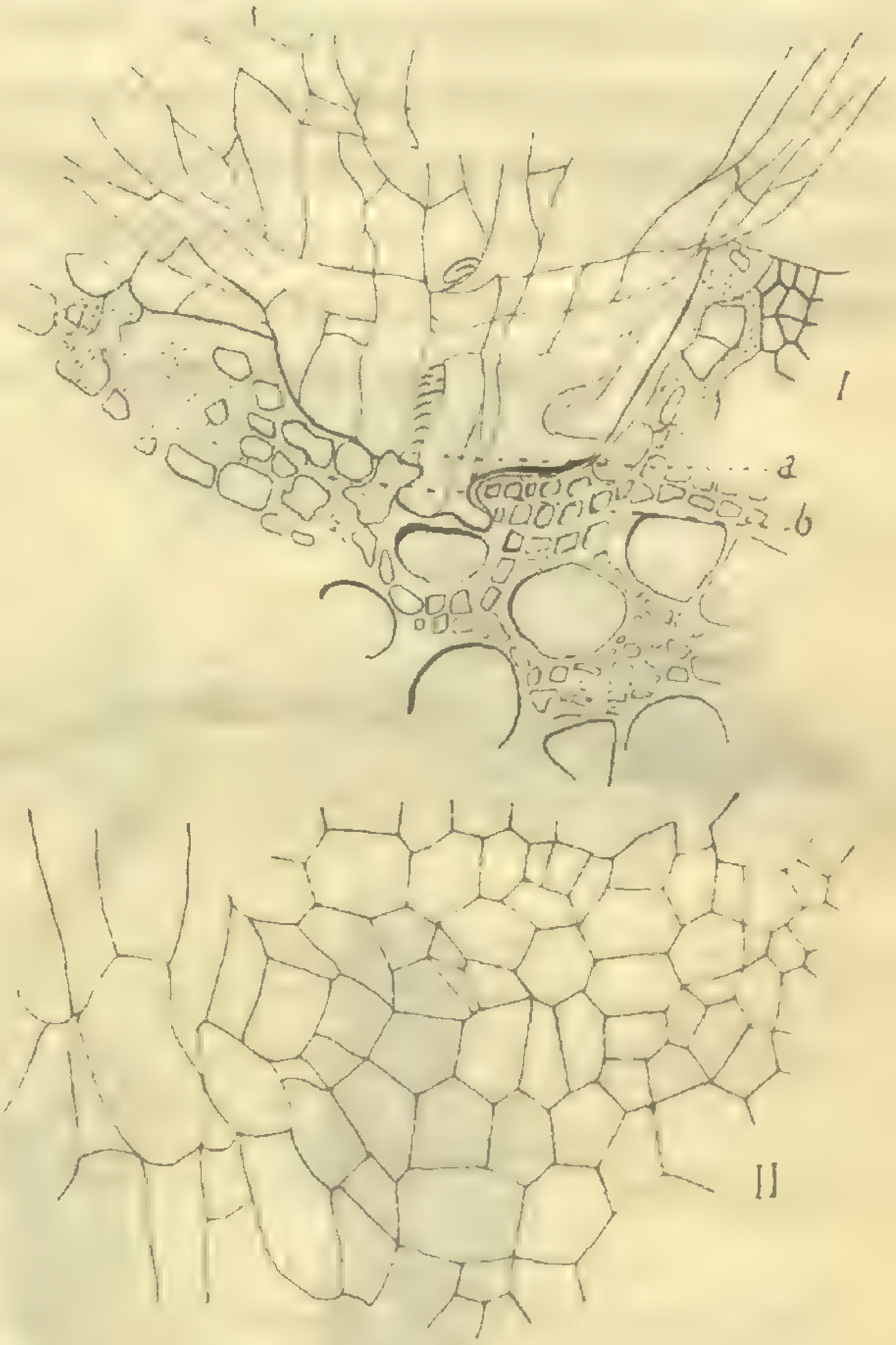


Fig. 9. — Suçoir du *Lathraea Squamaria*. I. Extrémité du suçoir enfouie dans le bois de l'hôte : *a*, cellules absorbantes ; *b*, éléments désorganisés. Gr. 141. — II. Éléments de la région centrale. Gr. 141.

Cette substance a été solubilisée et absorbée par le *Monotropa*. Celui-ci renferme une grande quantité de glucose et de tannin dans tous ses organes. Le tannin est à la fois, semble-t-il, un agent de nutrition et de défense. Ce double rôle apparaît plus nettement dans le *Cytinus Hypocistis*.

III. — CYTINUS HYPOCISTIS.

A. Biologie générale. — 1° Le *C. Hypocistis* est étroitement spécialisé dans son parasitisme. Dans la région méditerranéenne, on ne le rencontre que sur quelques espèces de *Cistus*. Il se fixe toujours sur les racines les plus superficielles dont il occupe habituellement la base, au voisinage de la tige, et l'extrémité. Plusieurs individus sont souvent réunis sur un même organe (fig. 10).

2° Il ne paraît pas indifférent à la nature du sol. Il recherche, dans la station où je l'ai récolté, les lieux frais et riches en humus.

3° Il fleurit et produit ses graines en mai et juin. Son évolution complète présente deux phases ; une phase endogène dont la durée est très variable, et une phase exogène dont la durée est de quelques mois.

4° La physionomie de l'hôte n'est pas sensiblement modifiée par son invasion ; son influence ne se fait sentir ordinairement que sur une partie de l'organe attaqué.

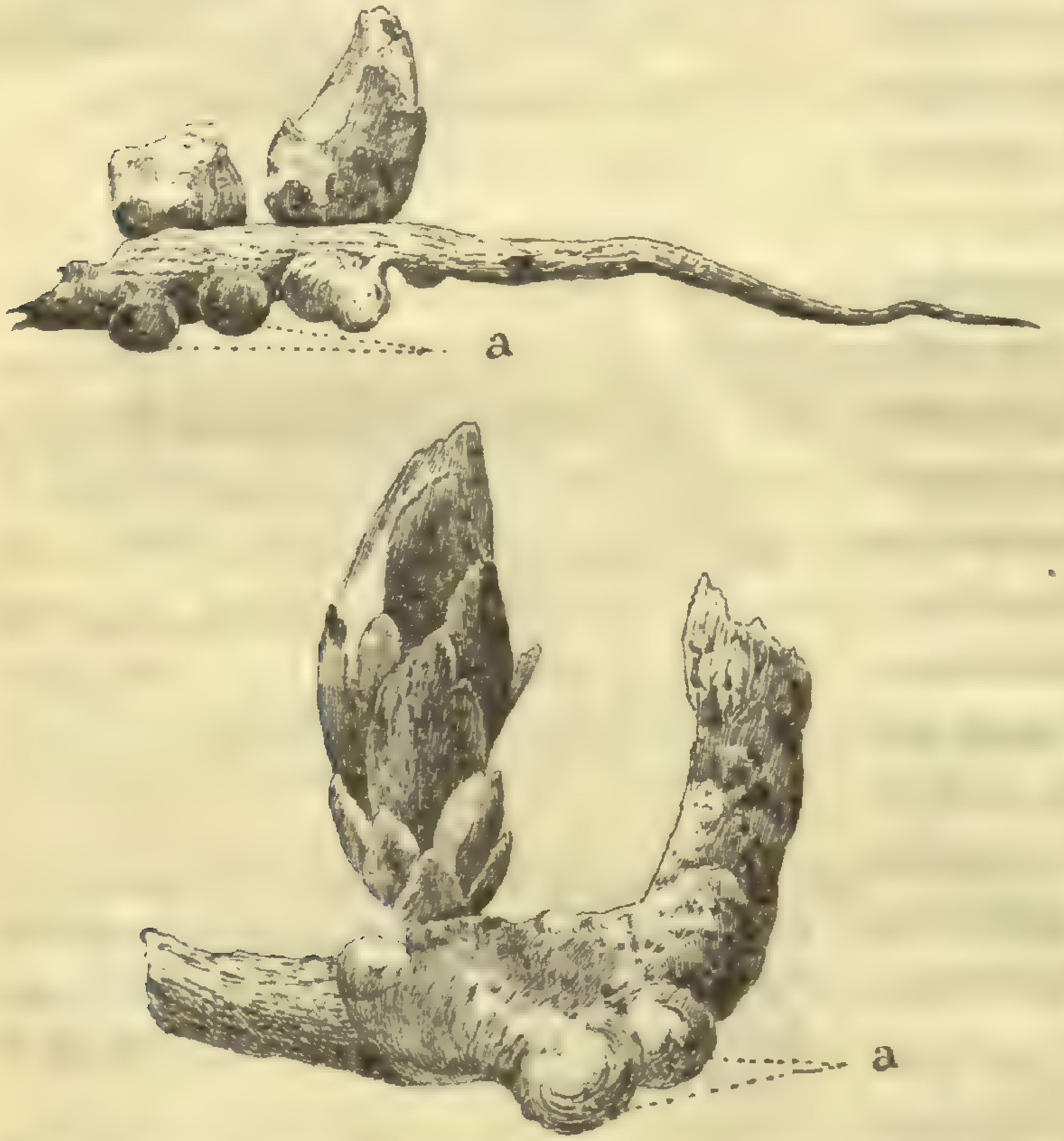


Fig. 10. — Jeunes *Cytinus* sur racine de *Cistus monspeliensis* : *a*, *Cytinus* encore recouverts par l'écorce de la racine du *Cistus*. Gr. 4/3.

5° Le parasite dépérit, en partie, après avoir fleuri.

B. Développement. — 1° Les ovules, dont la fécondation est hypothétique, se transforment en des graines microscopiques protégées par deux enveloppes. L'embryon, très réduit et faiblement différencié, ne se rencontre que dans quelques graines.

2° Les graines germent, semble-t-il, très difficilement. L'insuccès de toute culture s'explique, en partie, par l'infertilité d'un grand nombre de graines et par la faculté que possède la plante de se multiplier par bourgeonnement. Ce mode de conservation de l'espèce est vérifié :

a) Par la continuité parfaite qui s'établit entre les tissus de deux ou d'un plus grand nombre de parasites de même âge ou d'âges divers.

b) Par la présence de cordons absorbants qui relient entre eux les individus appartenant à deux groupes différents placés à une certaine distance.

c) Par l'absence, au niveau de chaque *Cytinus*, de toute trace laissée par la graine ou des premiers filaments qui en dérivent.

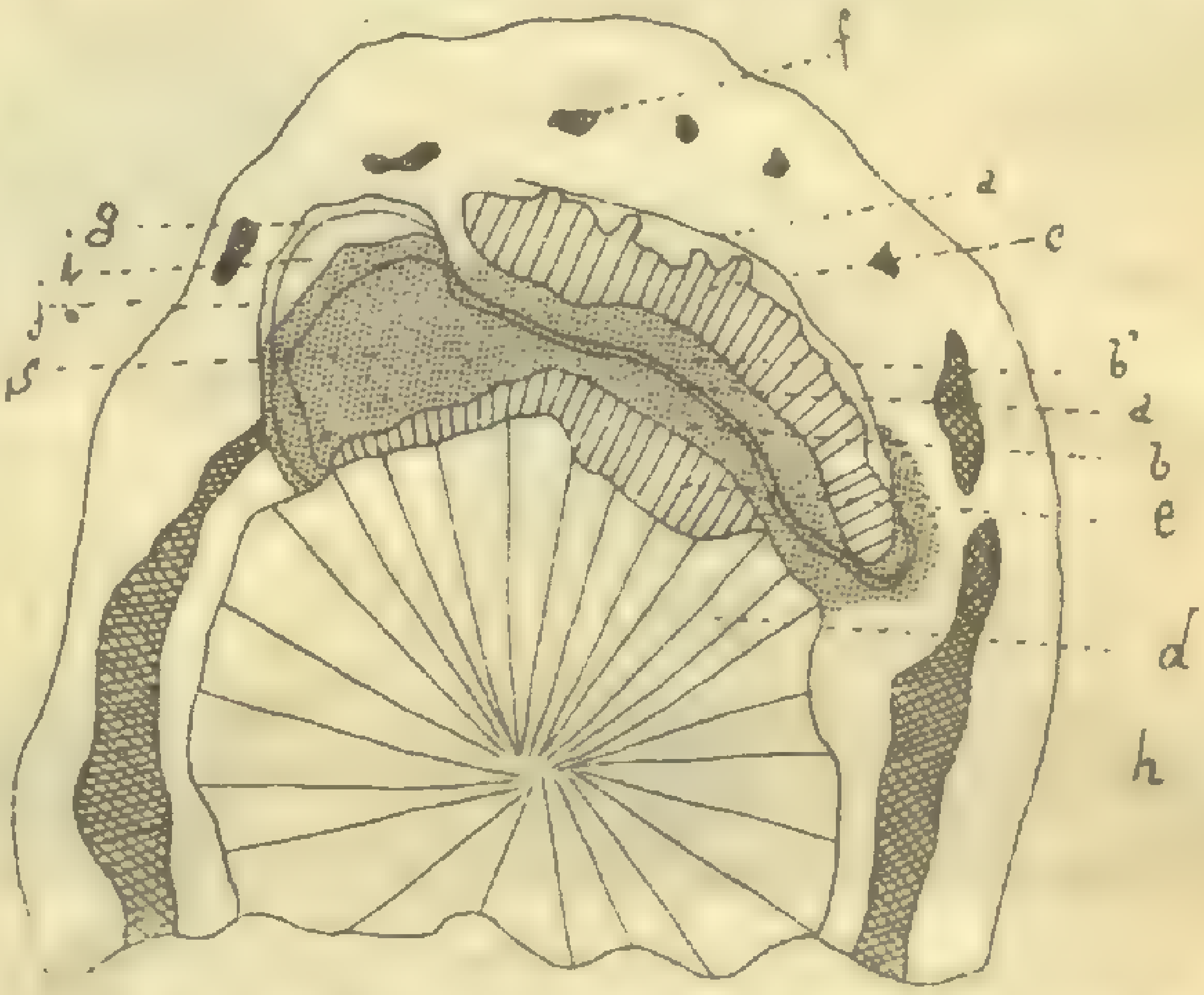


Fig. 11. — Coupe transversale de la racine de *Cistus* au niveau d'un bourgeon *s* du thalle : *j*, sommet du bourgeon et future plante ; *i*, lacune. Gr. 11.

d) Par la présence d'une large zone libéro-ligneuse secondaire à l'extérieur des éléments haustoriaux de très jeunes plantes.

e) Par le renflement local des tissus internes du parasite déterminant la formation d'un bourgeon, origine d'un *Cytinus* nouveau (fig. 11).

3° La partie endogène ou *thalle* est formée par un ensemble de cordons qui se logent toujours entre le bois et le cambium de la racine nourricière et en entourent parfois le cylindre central. Chaque cordon est constitué par deux bandes méristématiques séparées par une zone génératrice.

4° La partie aérienne comprend un axe couvert d'écailles et porte à son sommet des fleurs mâles et femelles.

5° Les assises épidermiques et sous-épidermiques de la feuille sont en parfaite continuité avec celles de la tige ; celle-ci peut être considérée comme composée d'un ensemble de segments foliaires.

C. Anatomie. — 1° Une section transversale du thalle présente trois régions (fig. 12) :

a) Une région moyenne à éléments allongés dans le sens tangentiel ; c'est une assise génératrice avec quelques éléments vasculaires différenciés qui se prolongent, en s'élargissant, jusque dans la tige, dont ils forment l'appareil conducteur.

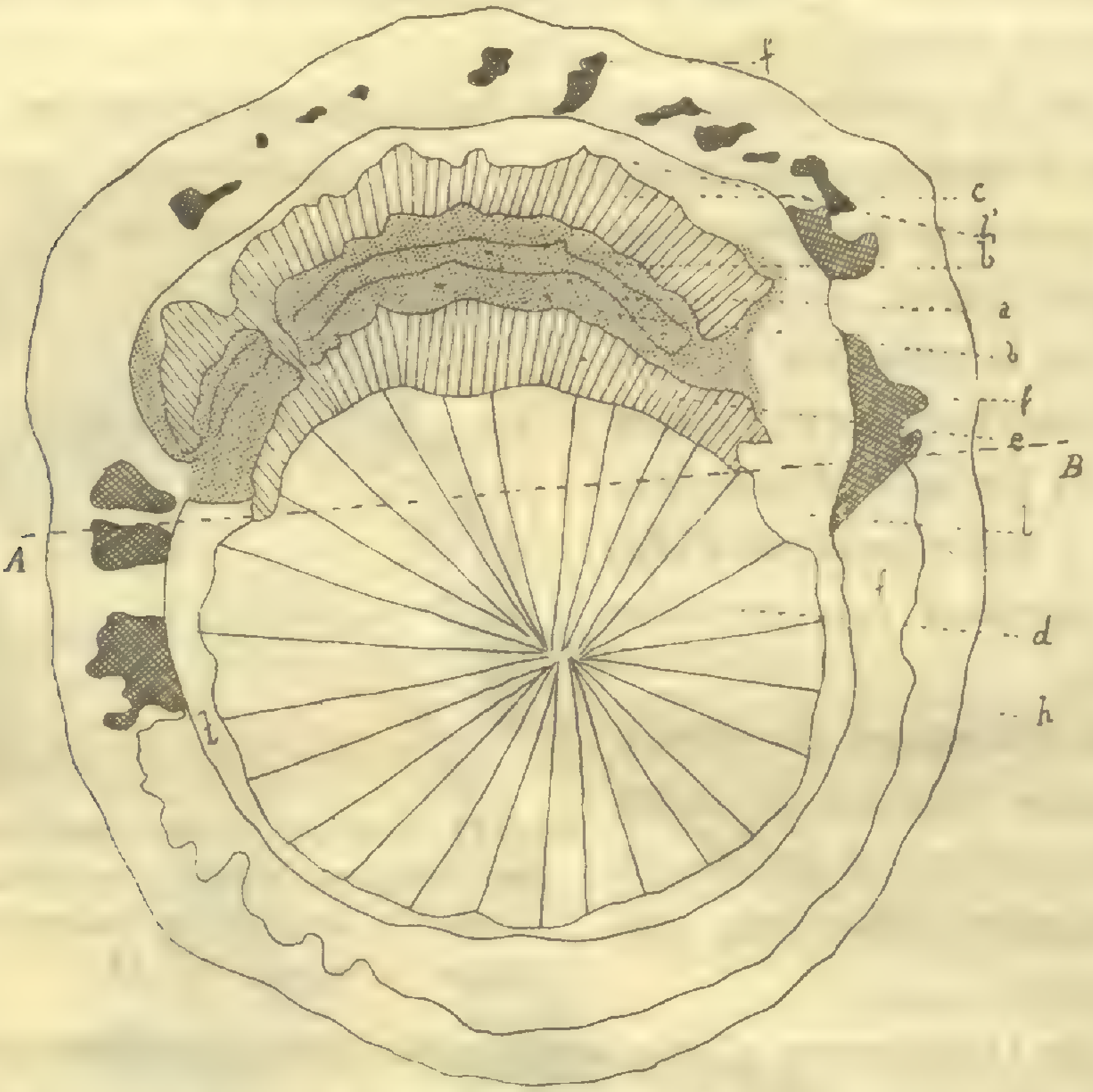


Fig. 12. — Racine de Ciste et thalle de *Cytinus* : *a*, zone génératrice du thalle ; *b*, méristème interne ; *b*', méristème externe ; *c*, bois secondaire ; *e*, bois compris dans la zone d'action A B du parasite, ce bois est partiellement désorganisé ; *d*, bois non attaqué ; *f*, fibres ; *l*, liber normal ; *l*', liber écrasé par la pénétration du parasite ; *h*. écorce. Gr. 16.

b) Une zone méristématique à développement centrifuge en relation avec le bois central. Les éléments sont disposés en séries radio-concentriques : certains pénètrent, à la faveur des rayons médullaires, très près du centre.

c) Une zone méristématique centripète en contact avec le liber ou le bois secondaire récent.

2° Les cellules absorbantes qui s'accolent contre les vaisseaux de l'hôte s'allongent et rappellent par leur physionomie les poils absorbants.

3° Les premières trachées apparaissent dans le méristème interne. Elles sont accompagnées de vaisseaux fermés à reliefs irréguliers.

4° Une coupe transversale de la tige offre à considérer :

a) Un épiderme régulier, légèrement cutinisé.

b) Une écorce parenchymateuse, homogène, à éléments ponctués, avec méats, présentant des épaississements angulaires.

c) Des faisceaux libéro-ligneux disposés en cercle. Chacun d'eux présente, à l'intérieur, une masse ligneuse, formée de quelques vaisseaux annelés et spiralés, séparée par une zone génératrice d'un tissu qui rappelle le liber, mais où l'on ne trouve ni cribles vrais, ni cellules compagnes. Ils sont entourés d'une gaîne cellulosique.

d) Des rayons médullaires.

e) Une moelle dont les cellules ont des parois minces et régulièrement ponctuées.

5° La feuille charnue, partiellement concrescente avec l'axe, a une structure très élémentaire : Un épiderme interne et un épiderme externe cutinisés ; un mésophylle parenchymateux avec méats de soutien, renfermant quelques faisceaux conducteurs dans lesquels domine le tissu qui correspond au liber.

6° La face supérieure des écailles présente des stomates simples. Les feuilles qui couvrent le sommet sont tapissées de longs poils pluricellulaires.

7° Les assises périphériques des écailles externes ayant séjourné plusieurs mois dans l'alcool renferment des cristaux de malate neutre et de malophosphate de calcium.

D. ACTIONS DU PARASITE SUR SON HÔTE. — Elles sont multiples :

1° Au niveau d'un *Cytinus*, la racine nourricière se renfle et offre des tubercules qui abritent de jeunes individus en voie de croissance.

2° L'écorce de l'hôte est, en ce point, formée d'éléments plus grands et presque dépourvue de fibres.

3° Le liber est repoussé vers l'extérieur et partiellement écrasé.

4° Le bois est désorganisé dans tout le rayon d'activité du parasite ; les vaisseaux sont occupés par des thylles et des mucilages ; les rayons médullaires digérés sont parcourus par des filaments haustoriaux (fig. 13).

5° L'installation de la Rafflésiacée sur de petites racines en provoque l'avortement ou la bifurcation et entraîne le développement d'une houppe de délicates radicelles.

E. Dépérissement. — La plante dégénère après avoir fructifié. Le dépérissement est annoncé par le noircissement des écailles, de l'axe et de tout l'appareil interne placé sous la dépendance immédiate de l'individu qui disparaît.

F. Cytinus plante vivace. — Si l'on admet le procédé de multiplication végétative par bourgeonnement du thalle, le *Cytinus* peut vivre aussi longtemps que la racine envahie.

G. Physiologie. — 1° Cette plante ne renferme jamais dans ses tissus la moindre trace d'amidon ; ce corps existe dans l'organe hospitalier, mais il disparaît du secteur qui délimite le rayon d'activité parasitaire ; il y est transformé, hydrolysé par l'amylase exsudée par les filaments absorbants.

2° Les corps réducteurs sont très abondants dans toutes les régions du parasite.

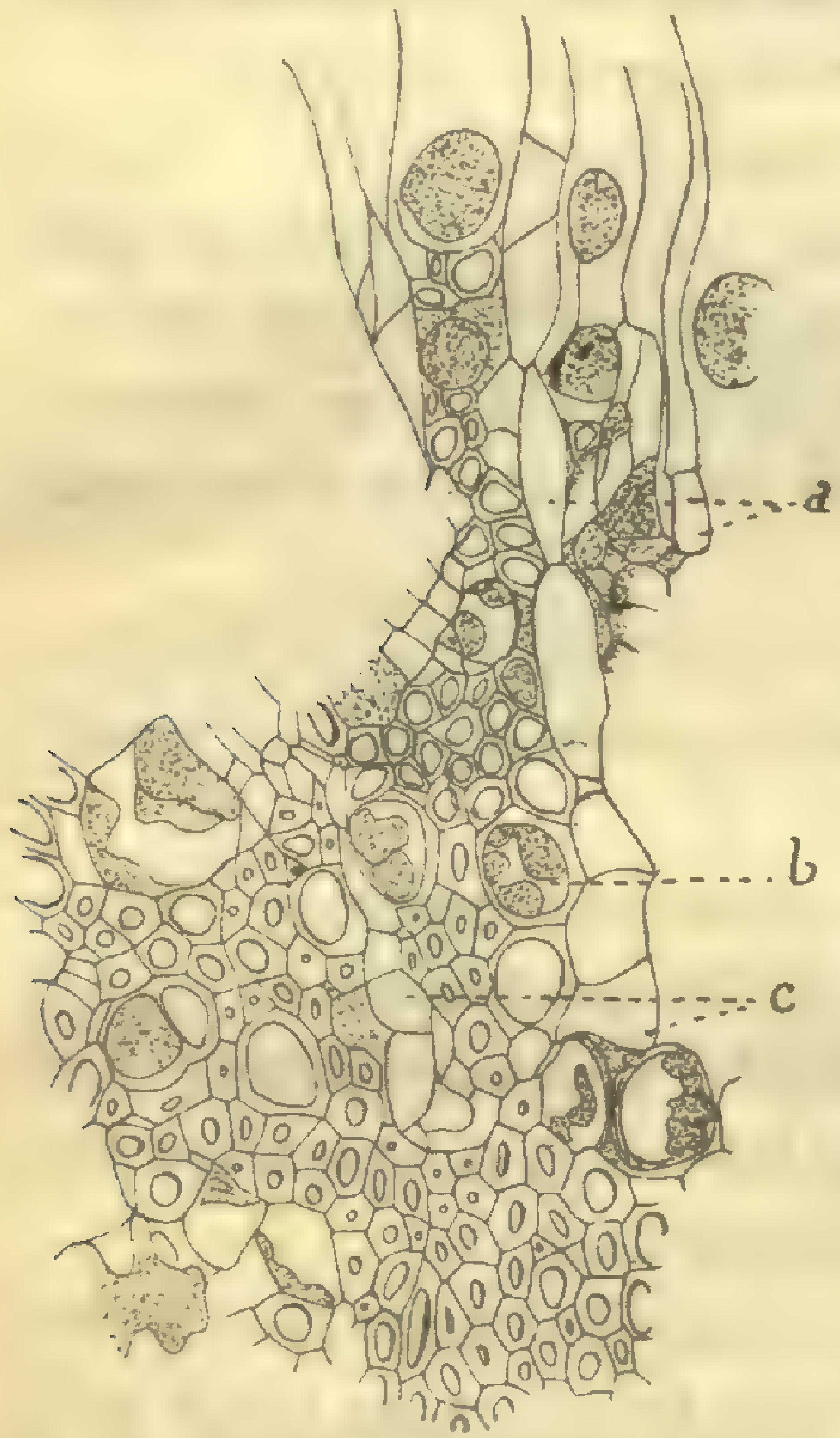


Fig. 13. — *Cytinus* et *Cistus* : *a*, cellules allongées du *Cytinus* accolées contre le bois de l'hôte ; *b*, thylles ; *c*, filaments absorbants. Gr. 212.

3° Le sucre se rencontre dans le thalle, la tige et les écailles ; il est surtout localisé autour des faisceaux et dans la moelle.

4° Le tannin représente, très probablement, ici, un produit de défense et de nutrition. Il abonde dans la racine de *Cistus* lorsque l'amidon y est rare et, dans le *Cytinus*, les zones tannifères sont peu glucosifères et réciproquement.

5° Il ne renferme que de légères traces de matières grasses.

6° Les écailles extérieures se colorent en rouge dès qu'elles sont exposées à la lumière. La matière colorante se dépose dans les assises périphériques ; elle est soluble dans l'eau, insoluble dans l'éther qui permet de l'isoler par déplacement.

H. Installation. — Diastases. — Le travail d'installation est le résultat d'efforts à la fois mécaniques et chimiques : ceux-ci sont dus à l'activité de quelques diastases parmi lesquelles on peut distinguer, par leurs effets, la cellulase et le ferment gommique. Elles transforment les membranes, les dissolvent et permettent au suçoir de pénétrer plus avant dans l'intérieur des tissus. Leur action est très apparente sur les parois des fibres et des éléments ligneux.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

A. Biologie et Morphologie. — L'*Osyris alba*, l'*Odontites rubra*, l'*Euphrasia officinalis*, se fixent, à l'aide de nombreux suçoirs, sur les racines ou rhizomes qu'ils peuvent atteindre.

Les végétaux aptes à leur fournir en grande quantité le carbone organique dont ils ont besoin sont particulièrement affectables comme hôtes. Ce sont : les végétaux à nodosités bactériennes, à mycorhizes, à tubercules, à kystes amylifères, à glucosides, humicoles, etc.

Le *Lathræa Squamaria* et le *L. Clandestina* ont les mêmes préférences.

Le volume des suçoirs est subordonné à la nature de l'organe hospitalier ; leur forme, leur durée, sont déterminées par les exigences de la plante parasite.

B. Anatomie. — Les suçoirs latéraux ou terminaux sont simples ou composés ; la structure de ceux qui ont une longue durée est complexe. Les suçoirs de l'*Odontites*, de l'*Euphrasia*, rappellent les mêmes organes jeunes de l'*Osyris*.

C. Origine. — Les suçoirs ont une origine plus ou moins profonde. Elle est parfois péricyclique ou endodermique *(Osyris)*, et le noyau procambial apparaît souvent en face d'un faisceau ligneux primaire. Ils représentent probablement des racines modifiées et adaptées à un mécanisme particulier d'absorption.

D. Actions diverses du parasite sur son hôte. — L'invasion du parasite peut déterminer :

Une zone cambiforme destinée à isoler le cône de pénétration.

La formation d'un liège cicatriciel.

Le développement d'éléments scléreux et fibreux.
La suractivité de l'assise libéro-ligneuse normale.
La production d'un liège périphérique épais.
La production de thylles dans les vaisseaux du bois.
Le dépôt de mucilages et de gommes dans divers éléments.

E. Physiologie. — Certaines plantes parasites à chlorophylle (*Osyris, Odontites*) empruntent à leur hôte une partie de l'aliment minéral et une partie du carbone organique ; d'autres (*Euphrasia*) recherchent exclusivement l'aliment carboné. Parmi les parasites dépourvus de matière verte, le *Cytinus*, par exemple, puise dans la plante nourricière tout ce dont il a besoin. Cependant pour toutes ces plantes, le mécanisme physiologique de la nutrition est le même. Le parasite ne puise pas indistinctement toutes les substances renfermées dans l'organe nourricier ; il les choisit, et grâce aux diastases qu'il sécrète, les transforme pour prendre toujours les mêmes éléments auxquels il fait subir une élaboration spéciale.

L'observation directe de la nature, l'expérimentation et les réactions microchimiques montrent que les *sucres réducteurs* sont immédiatement absorbés par osmose et utilisés par le parasite.

Le *glucose apparaît comme la source principale du carbone.*

a) Les suçoirs de l'*Odontites* arrivent jusqu'au centre des racines envahies lorsqu'elles sont pauvres en aliment carboné ; mais ils ne dépassent pas la zone corticale quand celle-ci renferme beaucoup d'amidon (racines de *Leontodon autumnalis*, de *Trifolium repens*, de *Ranunculus repens*).

b) Les corps haustoriaux de l'*Euphrasia officinalis* ne dépassent pas habituellement le parenchyme cortical de la racine nourricière (Racines de *Taraxacum*, de *Trifolium repens*, etc.).

c) Les suçoirs de l'*Osyris alba*, généralement complexes, ont une structure plus simple lorsqu'ils peuvent se procurer facilement le carbone (suçoirs fixés sur tubercule d'*Aceras anthropophora*).

L'amidon de l'organe envahi est solubilisé par des diastases et transformé en sucre. Il disparaît de tout le secteur qui délimite le rayon d'activité haustoriale ; il y est remplacé par le glucose. Le sucre réducteur, arrivé dans le mamelon, est utilisé immédiatement par le parasite (*Odontites, Euphrasia, Cytinus*) ; ou bien il subit une transformation inverse et s'immobilise une seconde fois sous la forme amylacée (*Osyris, Lathraea*).

Le tannin est souvent un produit d'élimination; dans le *Cytinus*, il paraît être un agent de nutrition et de défense.

Les matières grasses sont abondantes dans les éléments du suçoir lorsque le parasite veut se défendre contre des substances toxiques renfermées dans l'hôte.

F. Processus d'installation. — Les cellules haustoriales s'accolent aux tissus de l'hôte, les perforent et pénètrent à leur intérieur grâce à l'action de certaines diastases. Ces diastases, parmi lesquelles on peut distinguer par leurs effets la cellulase et le ferment gommique, sont localisées dans des régions déterminées. Elles agissent activement lorsque l'organe attaqué oppose à la pénétration du cône perforant une grande résistance.

RECHERCHES
SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES
ET
SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE

par M. **Léon FLOT** (*Suite*).

Examinons maintenant l'ensemble de la base foliaire *F3* : elle montre, dans son méristème vasculaire, un seul faisceau différencié, avec un pôle libérien très visible (*m3*). Les deux oreillettes *st*, *st'* sont formées par les stipules ; mais, comme il arrive presque toujours, ces deux stipules ne sont pas exactement coupées à la même hauteur, ce qui dépend ici d'une différence verticale dans les niveaux auxquels elles sont insérées. Celle de gauche est coupée vers sa base ; celle de droite vers son milieu : aussi voit-on, dans cette dernière, les rapports du méristème vasculaire de la feuille *ma3*, et de la stipule *st*. Naturellement, dans un état aussi peu différencié, ces rapports sont très simples. On constate uniquement que

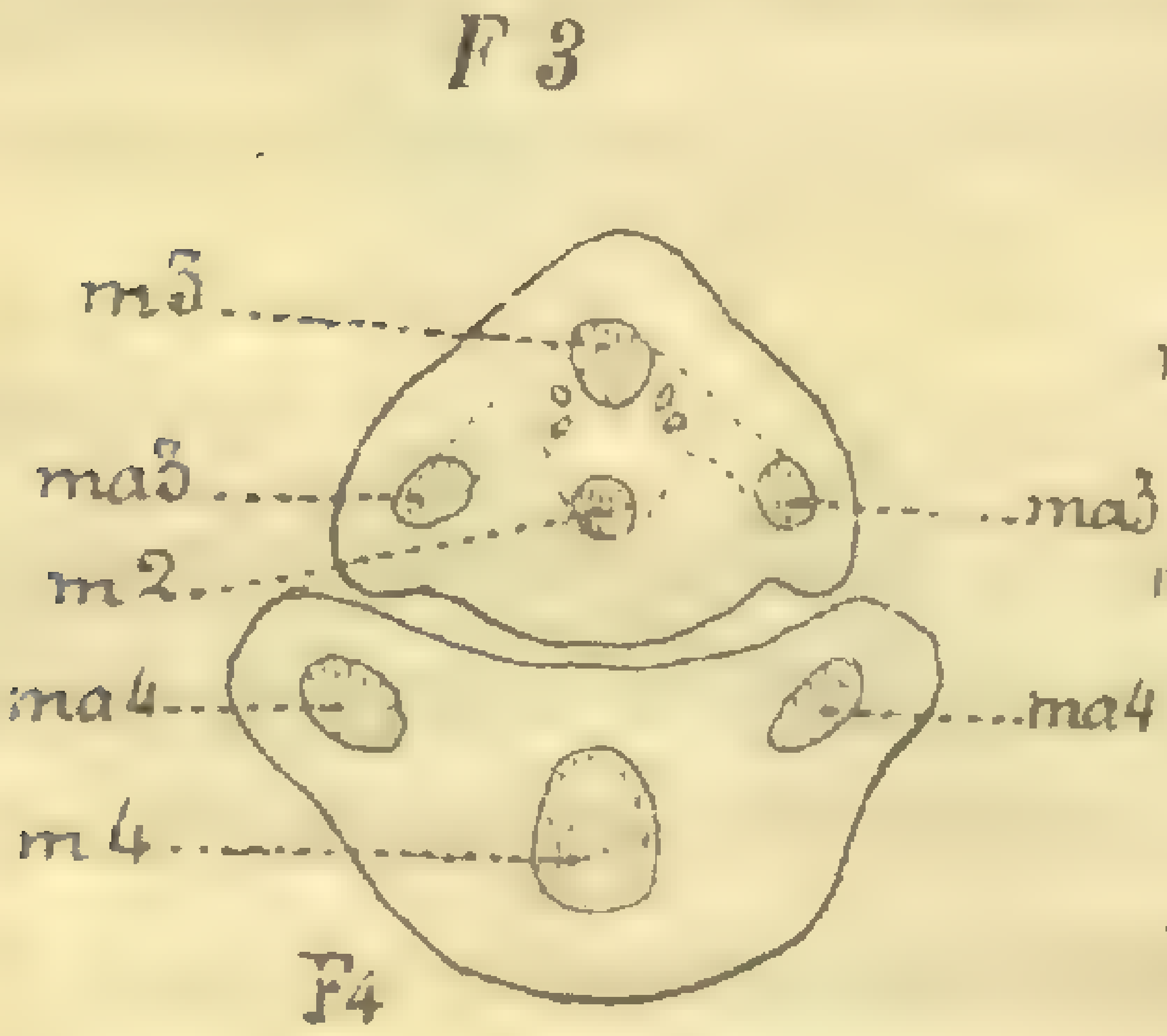


Fig. 102.

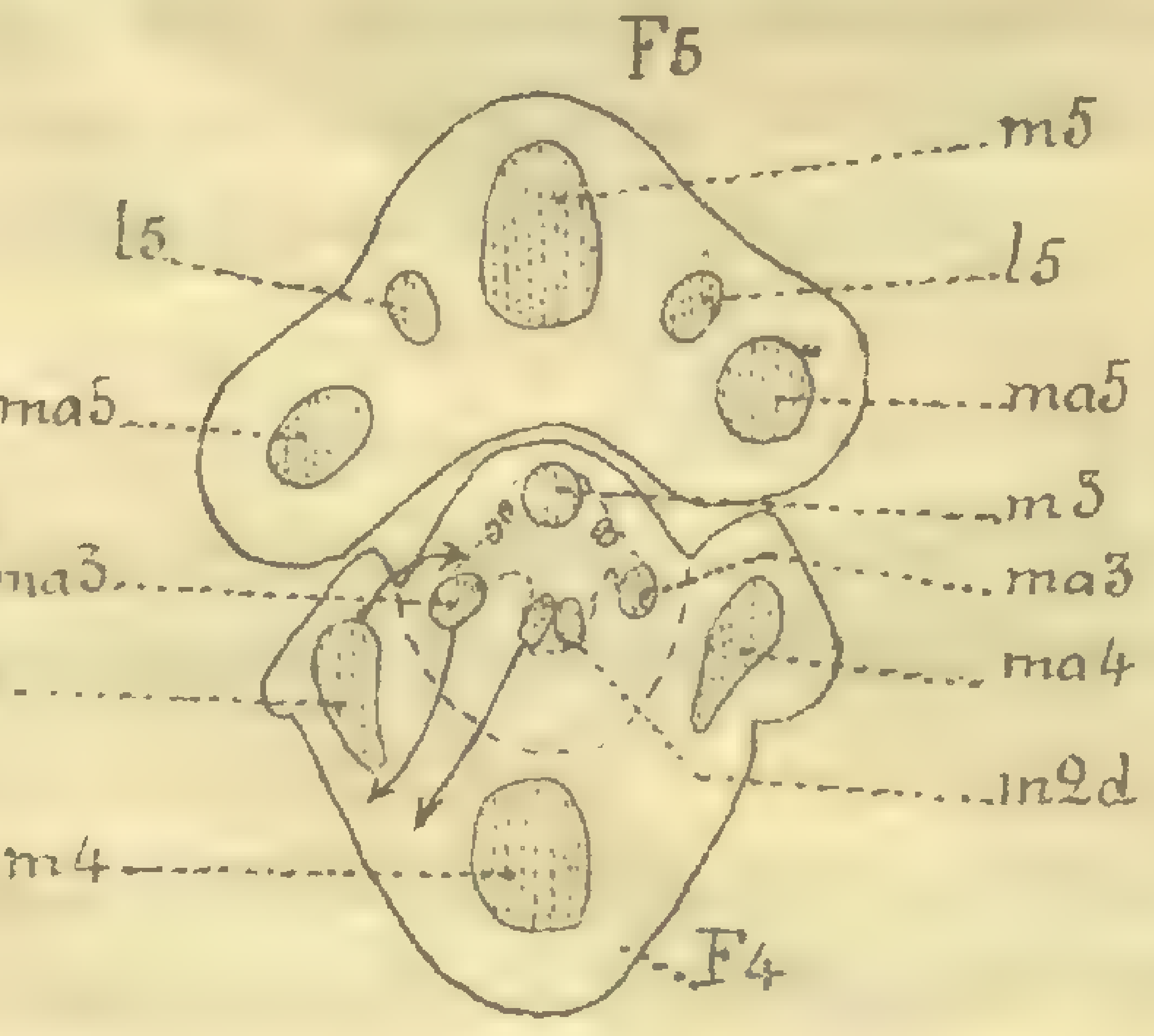


Fig. 103.

Fig. 102 et 103. — *Vicia sativa*. Suite des coupes transversales à partir du sommet : jonction des traces foliaires nos 2, 3 et 4. Les faisceaux sont désignés comme précédemment ; *l 5*, faisceaux pétiolaires latéraux de la 5e feuille.

le méristème vasculaire de la stipule *vst* est en continuité directe avec celui de la feuille depuis *ma3*. Dans la stipule *st*, ce méristème a deux cellules d'épaisseur, et la cloison qui sépare les deux rangées prend son origine dans le faisceau marginal du pétiole qui est visible en *ma3*.

Passons aux coupes schématiquement figurées sous les numéros 102 et 103, et reprenons les dénominations qui nous avaient servi pour la tige adulte, c'est-à-dire appelons côté postérieur, celui où se trouve l'insertion foliaire *F3*, et côté antérieur, celui de la feuille supérieure, diamétralement opposée (*F2*).

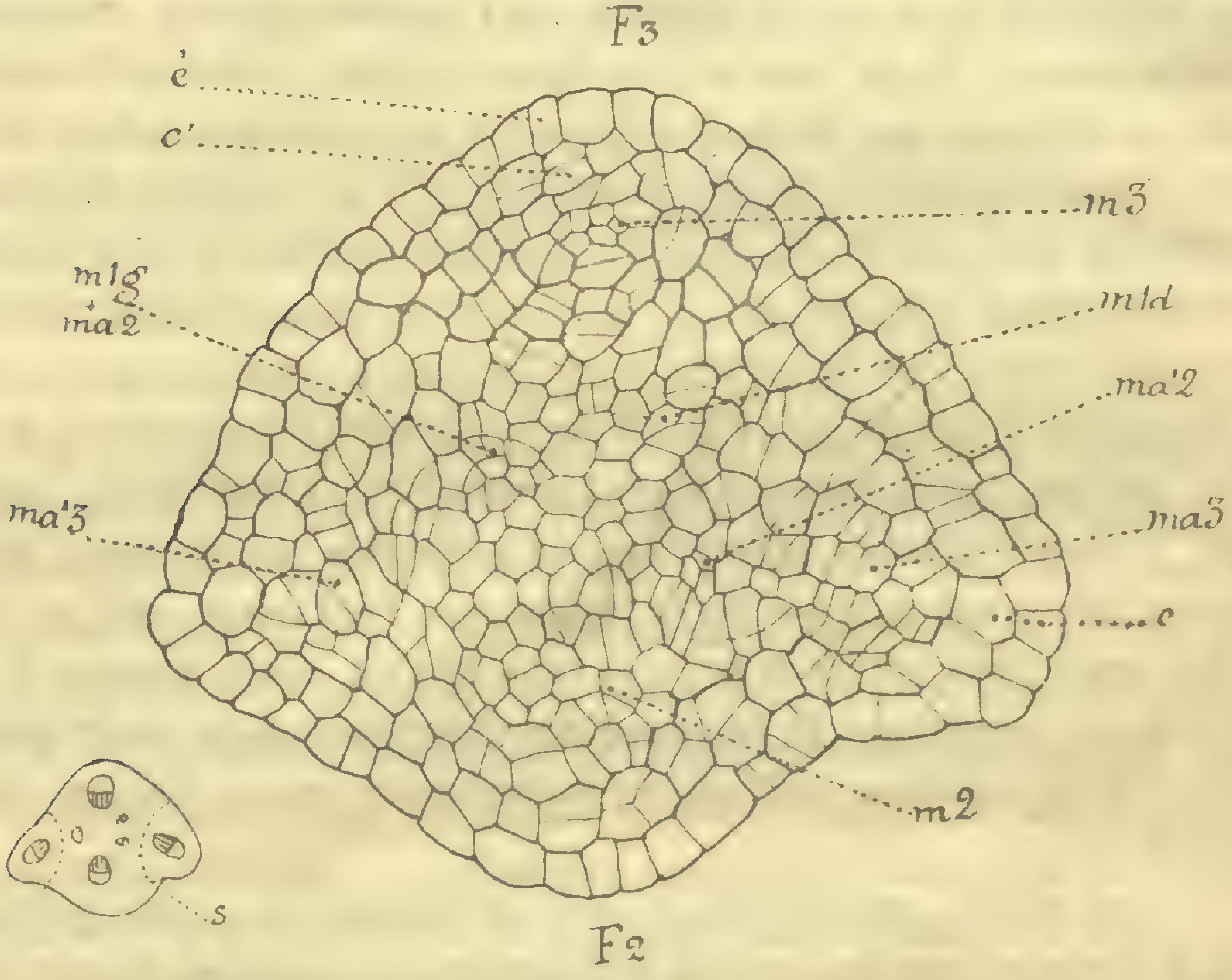


Fig. 104. — *Vicia sativa.* Troisième segment foliaire. Même coupe que celle représentée fig. 102. *F 2*, bord antérieur, correspondant à la 2e trace foliaire ; *F 3*, bord postérieur, correspondant à la troisième foliaire. Les faisceaux sont désignés comme précédemment.

En examinant ces trois figures, on remarque immédiatement que la courbure du bord antérieur *F2*, qui décrivait plus d'un demi-cercle dans la figure 99, va en s'atténuant de plus en plus et ne fait plus dans la figure 102 qu'une légère saillie. En même temps la trace foliaire *m2* que contenait cette partie de la coupe, se rapproche sensiblement de la partie postérieure *m3*. Il en résulte que la surface totale de la section diminue progressivement jusqu'au nœud inférieur. Les faisceaux marginaux du pétiole sont reliés au faisceau médian par l'intermédiaire d'une zone méristématique de plus en plus accusée.

Nous allons examiner avec plus de détail la structure de la tige à ce moment, au moyen de la figure 104, qui n'est que l'agrandissement de la figure 102.

Comme aspect général, cette section est symétrique par rapport à un plan, ainsi que l'était le pétiole de la feuille *F3* et d'ailleurs il est facile de voir que la section tout entière semble composée principalement de la base même de ce pétiole, à laquelle s'ajouterait un faisceau sur le bord interne. La région dépendant de la feuille *F 3* comprend le faisceau médian *m 3* et les deux faisceaux marginaux *ma 3*, *ma'3*. En face du faisceau médian *m 3*, se trouve, dans le segment foliaire *F2*, la trace *m 2* du faisceau médian de la deuxième feuille *F2*. Entre les deux faisceaux médians *m 2* et *m3*, on distingue à droite deux îlots de méristème vasculaire, *m 1d*, *ma' 2*, où les cloisonnements sont multipliés. L'îlot *m 1d*, représente le demi-faisceau médian de la première trace ; *ma' 2* est le faisceau marginal gauche de la deuxième. De l'autre côté, en face de ces deux îlots, nous n'en trouvons qu'un, plus étendu il est vrai : il est formé par la soudure des faisceaux *m1g*, *ma2*, provenant, l'un du faisceau médian de la première trace, l'autre de la seconde trace.

On remarque que ces traces sont de moins en moins différenciées à mesure que les coupes s'éloignent du sommet. Si les faisceaux de la feuille *F1* ou *F2* provenaient par ramification de ceux de la tige, nous devrions les voir prendre une forme de plus en plus précise à mesure que nous pénétrons dans les régions plus âgées.

La région corticale (*c*) est parfaitement visible sur tout le pourtour de la coupe sous l'aspect d'une seule assise de cellules *c*, dédoublée en deux points diamétralement opposés, et situés au dos des faisceaux médians *m2* et *m3*. Quant aux faisceaux marginaux *ma3*, ils sont situés en dedans de la région corticale *c*, c'est-à-dire dans le méristème vasculaire et ne sauraient, du moins jusqu'à présent, être qualifiés de corticaux.

Il est bon de remarquer toutefois la présence d'un méristème particulier, consistant en une série de cloisons disposées en arc de cercle entre la pointe ligneuse du faisceau marginal *ma3* (ou *ma'3*) et les fascicules libéro-ligneux provenant des traces antérieures, *ma2*, par exemple. Si ce méristème devient très actif, il aura pour effet d'augmenter le nombre des assises cellulaires entre le faisceau *ma3* et le faisceau *ma'2* et pourra même rejeter le faisceau marginal loin du centre de la coupe ; mais quel que soit plus tard le nombre et l'aspect des cellules de cette région, nous devrons toujours nous reporter à la figure 104 pour connaître leur nature véritable. En ce moment, il ne viendrait à l'idée de personne de soutenir que ces faisceaux marginaux font partie de l'écorce : ils ne seront pas davantage corticaux lorsque par suite du développement d'un grand nombre de feuilles, la région que représente cette coupe aura pris l'aspect de la figure 84, avec une ellipse de faisceaux en dehors de laquelle se trouveront les faisceaux *st*, analogues à *ma3*.

Quatrième segment. – Quelques coupes plus bas, fig. 103, nous arrivons à l'insertion de la quatrième feuille et nous retrouvons les mêmes phénomènes, mais dans une position symétrique à la précédente. Le pétiole de la feuille *F4* occupe la majeure partie de la surface de la coupe et sa gouttière médiane est comblée par l'ensemble des trois premiers segments foliaires. Le système vasculaire de ce pétiole est formé par un faisceau médian *m4* et deux faisceaux marginaux *ma4*, *ma'4*, qui communiquent encore avec les faisceaux stipulaires. Le système vasculaire des trois premiers segments présente encore la même disposition que dans la figure 102 mais il est plus condensé. L'ensemble, en forme d'ellipse, formé par les trois premières bases foliaires (*F1* + *F2* + *F3*) commence à se souder avec la base de la feuille *F4* et le faisceau médian *m2*, commence à se diviser.

Dans cette région, encore très voisine du sommet, l'allongement en hauteur est si réduit que, dans l'intervalle d'une ou deux épaisseurs de cellules, nous trouvons toute la série des phénomènes qui s'échelonnera sur plusieurs centimètres dans la plante adulte. C'est ainsi que la coupe suivante de la série va nous montrer déjà les rapports de jonction entre les trois premiers segments foliaires et le quatrième (fig. 105).

Dans la figure 105, la coupe est voisine du cinquième nœud, ainsi que l'indiquent la présence des stipules de la cinquième feuille *st5*. Cette feuille elle-même est plus développée que les précédentes : son méristème vasculaire montre cinq faisceaux : un médian, *m5* ; deux latéraux, *l5*, *l'5* ; deux marginaux, *ma5*, *ma'5*. Ces derniers donnent par ramification les faisceaux des stipules.

La partie de l'axe principal embrassée par la feuille *F5* et par ses stipules a la forme d'un écu et contient la somme des quatre premières traces foliaires. Les deux extrémités de son plan de symétrie sont occupées par les faisceaux médians *m3*, *m4*, des

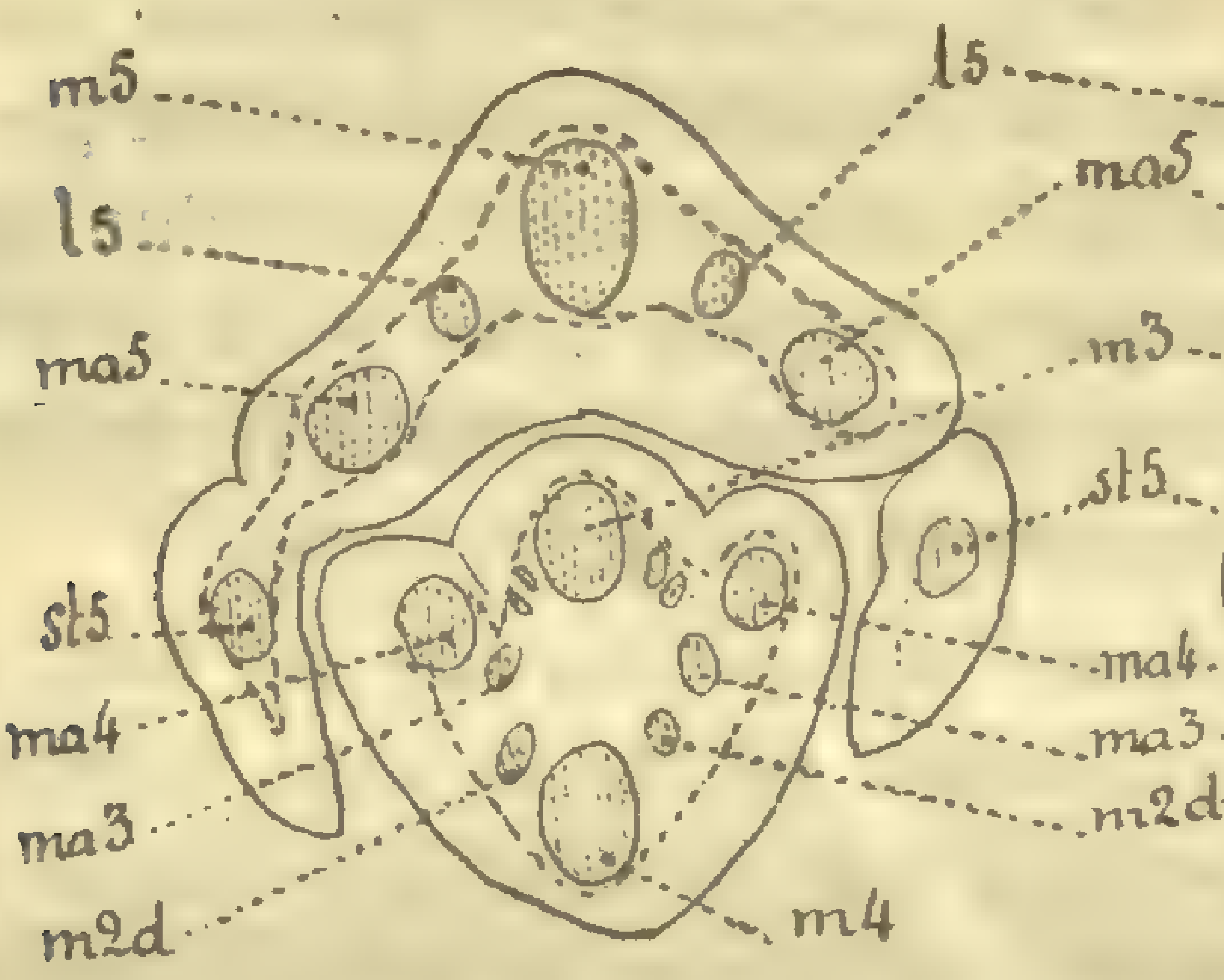


Fig. 105.

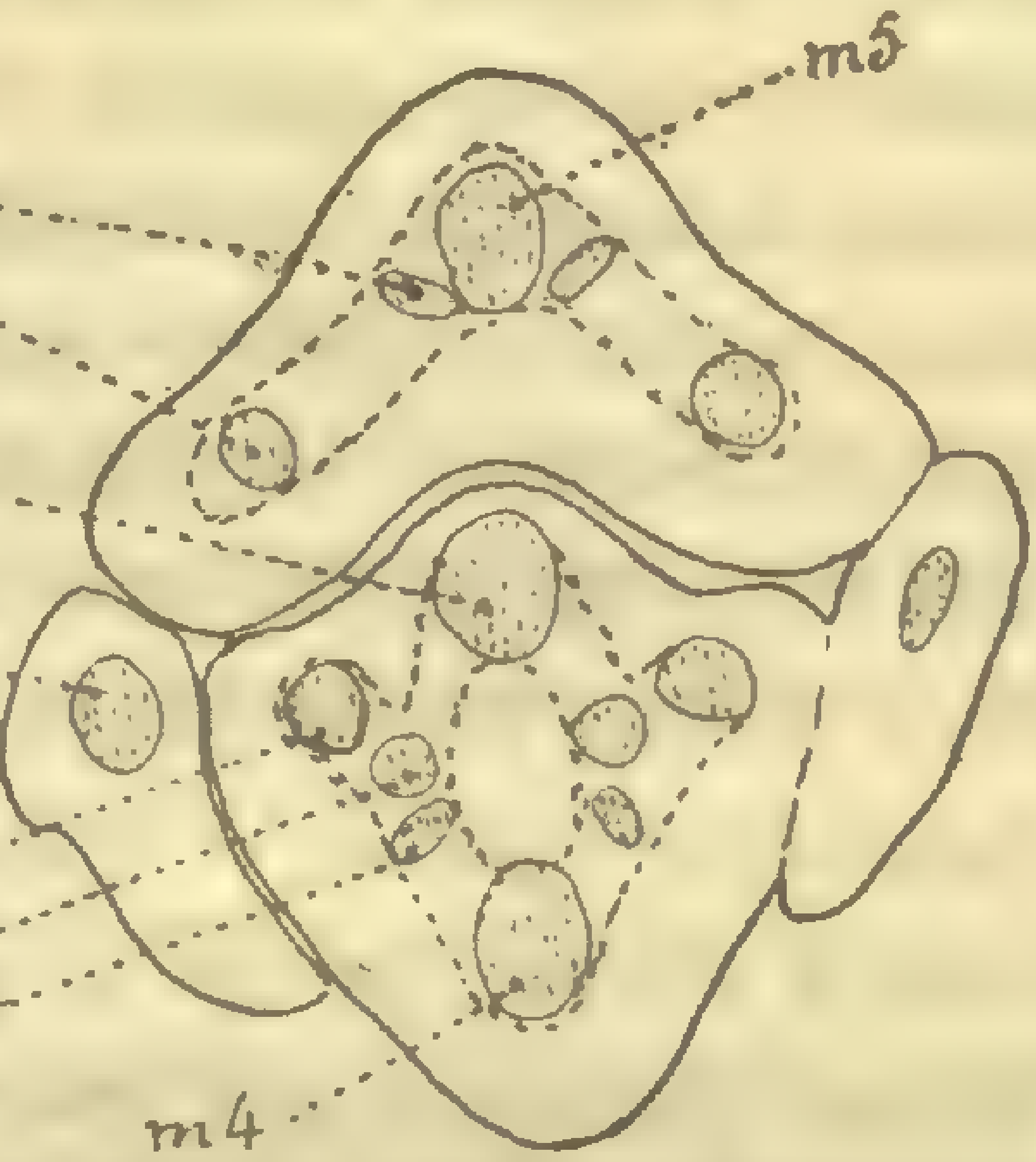


Fig. 106.

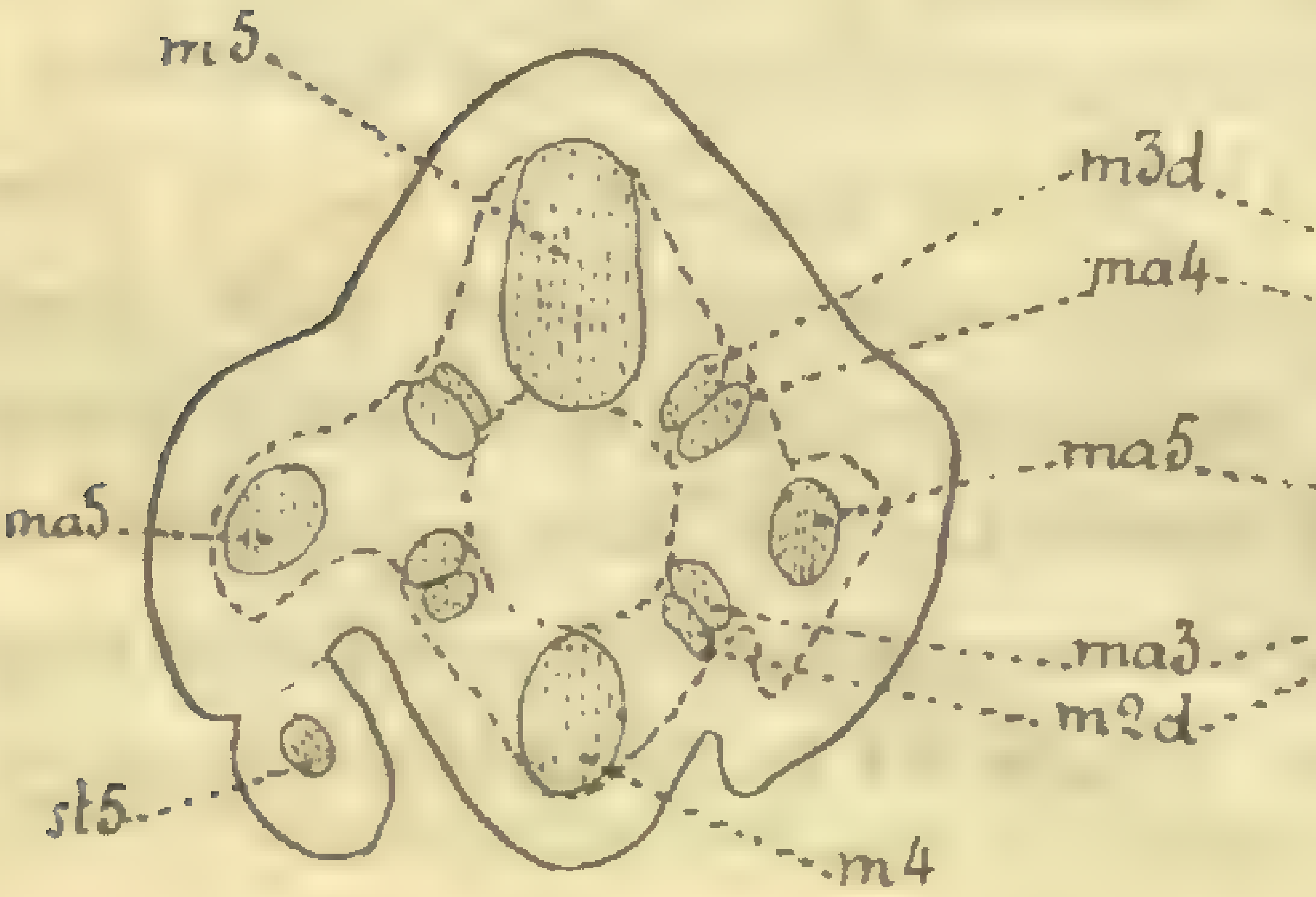


Fig. 107.

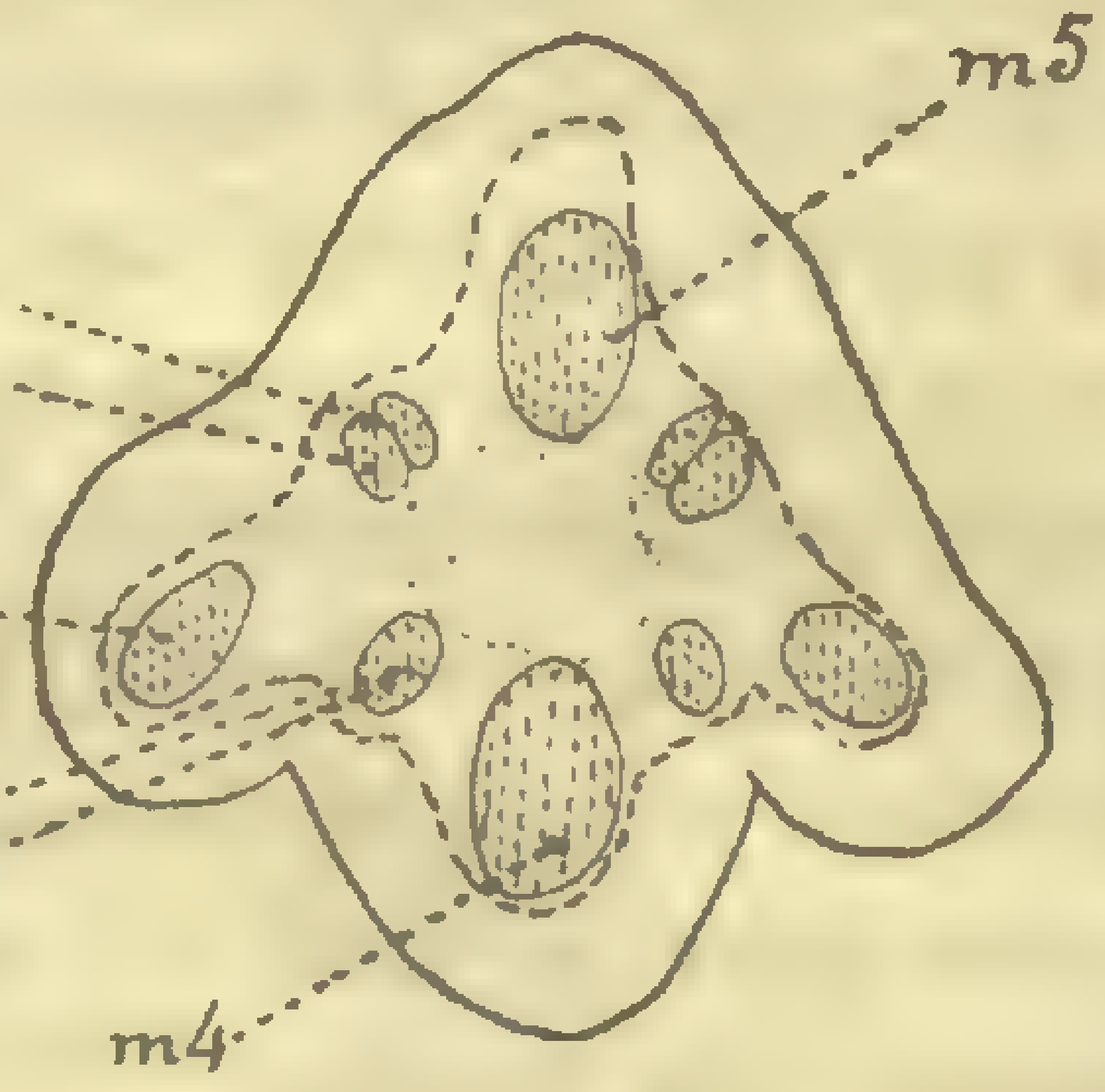


Fig. 108.

Fig. 105-108. — *Vicia sativa.* Mode de jonction des premières traces foliaires. 4e et 5e traces. Les faisceaux sont désignés comme dans les figures précédentes.

feuilles *F3* et *F4* ; dans les angles droit et gauche sont logés les faisceaux marginaux de la quatrième feuille *ma4*, *ma'4*. De chaque côté du faisceau médian *m3*, est un petit groupe fasciculaire, formé de la moitié de la première trace $\frac{m1}{2}$ et d'un faisceau marginal de la deuxième, *ma2*. De même les faisceaux marginaux *ma3*, *ma'3* et chacune des moitiés du faisceau médian *m2* qui vient de se dédoubler vont former un groupe libéro-ligneux entre le faisceau médian *m4* et le faisceau marginal de chaque côté. La marche de ces derniers faisceaux est indiquée par des flèches sur la figure 103 et l'on peut suivre sur les figures 105, 106, 108, 109, le rapprochement des faisceaux *ma3* et *m2d*, aboutissant à leur fusion en un faisceau unique.

Cinquième segment. — Nous avons vu que la cinquième feuille comprenait cinq faisceaux, outre les faisceaux stipulaires. Près du nœud inférieur (fig. 106), les faisceaux latéraux *l*, *l'*, se sont réunis au faisceau médian *md*, de sorte que la base foliaire ne comprend plus que trois faisceaux au moment de son insertion.

Ses figures 106, 107 et 108 montrent la disparition progressive des stipules et le mode de groupement définitif des faisceaux, qui restera le même pendant toute la longueur de l'entre-nœud.

A partir de la figure 105, trois traces foliaires sont en présence sur la coupe : ce sont la troisième, la quatrième et la cinquième. Les deux premières ne sont plus visibles, sauf les deux moitiés du faisceau médian $\frac{m2}{2}$. Chacune de ces traces comprend un faisceau médian et deux faisceaux marginaux. Examinons les rapports qu'elles présentent entre elles.

Les deux moitiés du faisceau médian *m2d*, et les faisceaux marginaux de la troisième trace, *ma3*, *ma'3*, qui avaient commencé leur jonction (fig. 105), se réunissent peu à peu en un faisceau unique (*m2d* + *ma3*, fig. 106-107-108).

Le faisceau médian *m3* se dédouble, ses deux moitiés *m3d* s'écartent et se rapprochent des faisceaux marginaux *ma4*, *ma'4* qui se sont avancés (*m3d* + *ma4*, fig. 107 et 108).

Le faisceau médian de la cinquième feuille *m5* s'est approché entre les deux moitiés du faisceau *m4*, du moins en apparence, car, bien entendu, c'est le contraire qui s'est produit. Il en est résulté la formation d'une ellipse, ayant à ses deux extrémités les foliaires médians *m4* et *m5*, et sur ses côtés quatre faisceaux symétriques deux à deux, et composés chacun d'un demi faisceau médian de la trace directement supérieure *n-2* et d'un faisceau marginal de la trace supérieure du côté opposé *n-1*.

En consultant la figure 109, nous verrons les détails de cette structure. Nous noterons d'abord la symétrie bilatérale de la section, en rapport avec celle de la feuille *F5*, dont la base forme la partie la plus importante de la coupe. Ce sont aussi les trois faisceaux de cette feuille qui sont les plus développés, *m5*, *ma5*, *ma'5*. En opposition avec le faisceau *m5*, est le faisceau médian *m4* de la feuille supérieure ; les deux faisceaux marginaux de cette feuille

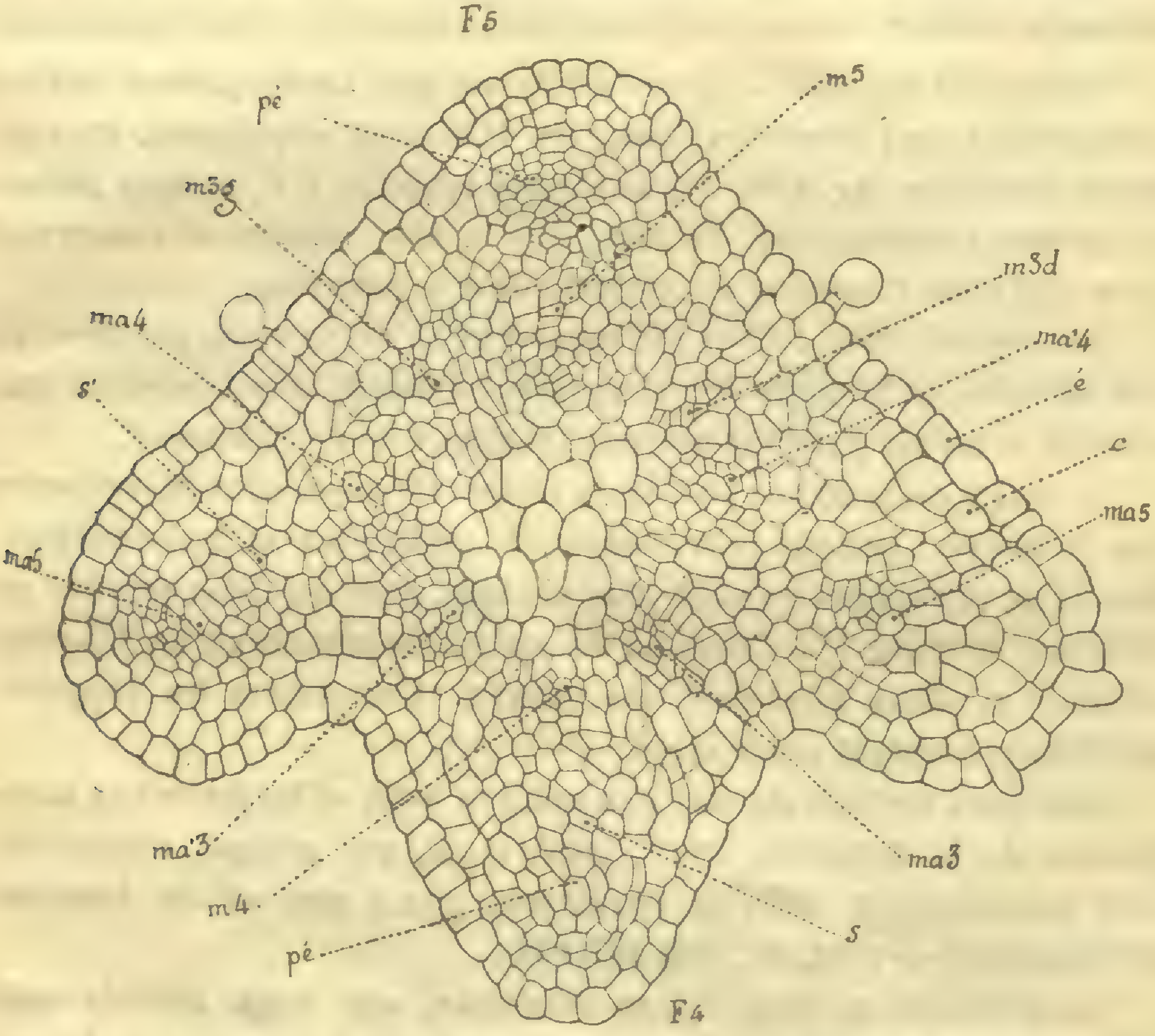


Fig. 109. — *Vicia sativa.* Établissement de la structure primaire de la tige par l'intrication des premières traces foliaires. *é*, épiderme; *c*, tissu cortical; *m4*, faisceau médian de la 4ᵉ trace, *ma 4*, *ma' 4*, faisceaux marginaux de la 4ᵉ trace ; *m 5*, faisceau médian de la 5ᵉ trace, près duquel se trouvent les 2 moitiés du faisceau médian de la 3ᵉ trace, *m 3 d*, *m 3 g* ; *ma 5*, *ma 5*, faisceaux marginaux de la 5ᵉ trace; *pé*, région péricyclique.

viennent s'insérer en *ma4*, *ma'4*, près du faisceau médian de la feuille *m5*, et là, chacun d'eux se trouve en contact avec une moitié *m3d*, *m3g* du faisceau médian de la feuille *m3*, avec laquelle ils s'unissent en un faisceau unique.

Près du faisceau *m4* on voit de même, de chaque côté, un faisceau *ma3*, *ma'3*, formé par la jonction d'un faisceau marginal, de la troisième feuille avec le demi faisceau médian de la seconde.

Ces faisceaux, composés d'une partie médiane d'une trace et d'une partie marginale d'une autre trace sont souvent appelés, dans les traités de botanique : faisceaux *réparateurs*.

Au centre, ces faisceaux sont séparés par un tissu médullaire, qui ne provient pas, comme nous l'avons vu (fig. 93) d'initiales particulières. Au bord interne de chaque faisceau, des cellules de méristème vasculaire, analogues à la bande de cellules *m* de la feuille du Chèvrefeuille (fig. 2 et 3) détachent vers l'intérieur des segments dont l'ensemble forme cette moelle centrale. Ce mode de formation est très visible dans certains faisceaux, notamment *m4*, *m5*, *ma4*, *ma'4*. On peut donc considérer ici la moelle comme formée uniquement de segments détachés de la zone que j'ai appelée ailleurs zone périmédullaire ; mais ce nom, que j'avais employé pour éviter un mot nouveau, paraît, ici surtout, mal choisi.

Résumé de cette structure.

La suite des coupes observées depuis la figure 96 nous a fait voir l'intrication progressive des cinq premières traces foliaires et nous avons assisté à la formation d'un ensemble de faisceaux dans lequel nous retrouvons le plan de la structure étudiée plus haut (fig. 84) et par laquelle nous avons commencé.

Au centre de la section transversale (fig. 109), nous trouvons six faisceaux analogues aux faisceaux de la figure 84, savoir :

Fig. 109........ $m5 = am$ .... Fig. 84
$m3d + ma'4 = al$
$m3g + ma4 = al'$
$ma'3 = pl$
$ma3 = pl'$
$m4 = pm$
$ma5, ma'5 = st, st'$

A partir du cinquième entre-nœud, toute section transversale présentera un type de structure analogue à celui de la figure 109. Le nombre des faisceaux pourra s'accroître, la différenciation des tissus pourra transformer certaines parties, mais toujours nous pourrons en ramener l'ensemble au type dont nous venons de suivre l'établissement.

Cette structure a, comme nous l'avons vu, une origine foliaire, car au stade marqué par la figure 109, chacune de ses parties peut être rattachée directement au segment foliaire dont elle provient. Mais à partir de ce point, le complexe ainsi formé jouira de propriétés particulières : il ne sera plus aussi étroitement subordonné à la structure foliaire. Sans doute, à cause de la présence constante de tissus foliaires dans sa région extérieure et notamment de la position des faisceaux marginaux, l'ensemble conservera extérieurement la symétrie bilatérale qui est celle de la feuille. Mais, à l'intérieur, les faisceaux forment dès maintenant un cylindre central, qui est symétrique par rapport à un axe : ce cylindre central pourra témoigner d'une activité propre, soit par la formation d'une assise génératrice commune à certains faisceaux, soit par l'apparition d'une moelle centrale. L'autonomie qu'acquiert ainsi, peu à peu, ce complexe de tissus, en fait un organisme condensé et individualisé qui est la *tige.*

En ce qui concerne les Viciées, il est à remarquer que la tige ne s'affranchit jamais complètement de sa dépendance foliaire, par suite de la présence des faisceaux marginaux à l'extérieur de l'ellipse centrale. Beaucoup d'auteurs, il est vrai, les considèrent comme *corticaux* : il y a donc lieu d'examiner maintenant si cette dénomination est justifiée.

NATURE DES FAISCEAUX DITS CORTICAUX.

La première réflexion qui vient à l'esprit c'est que, s'il existe des faisceaux corticaux, nous devons rencontrer, à un certain moment, dans les assises corticales, des cloisonnements qui donnent naissance à des îlots libéro-ligneux. Or jusqu'ici nous n'avons rien vu de semblable dans les coupes étudiées.

Les faisceaux *corticaux* des Viciées sont ceux auxquels nous avons donné le nom de *marginaux (ma).* Nous allons examiner de plus près leurs rapports avec les tissus voisins.

Considérons d'abord un pétiole de *Vicia sativa* (fig. 110).

Il appartient à une feuille très jeune. L'épiderme y est simple ; l'écorce y forme deux assises *c* sur presque tout le pourtour. A l'intérieur de l'enveloppe formée par les assises corticales est le méristème vasculaire, dans lequel cinq faisceaux sont visibles. Le faisceau médian, *m*, est le plus important ; il se montre formé de deux parties : un îlot de péricycle différencié en fibres scléreuses (*sc*) et un îlot libéro-ligneux *m*. Ces deux parties sont séparées par des cellules de péricycle demeurées à l'état de parenchyme simple ; mais elles forment ensemble un faisceau unique, dont la structure bipolaire est caractéristique.

De chaque côté du faisceau médian, un faisceau latéral commence à se différencier au sein du méristème vasculaire (*l*, *l'*). On a vu plus haut que ces deux faisceaux se réunissent au faisceau médian à la base du pétiole.

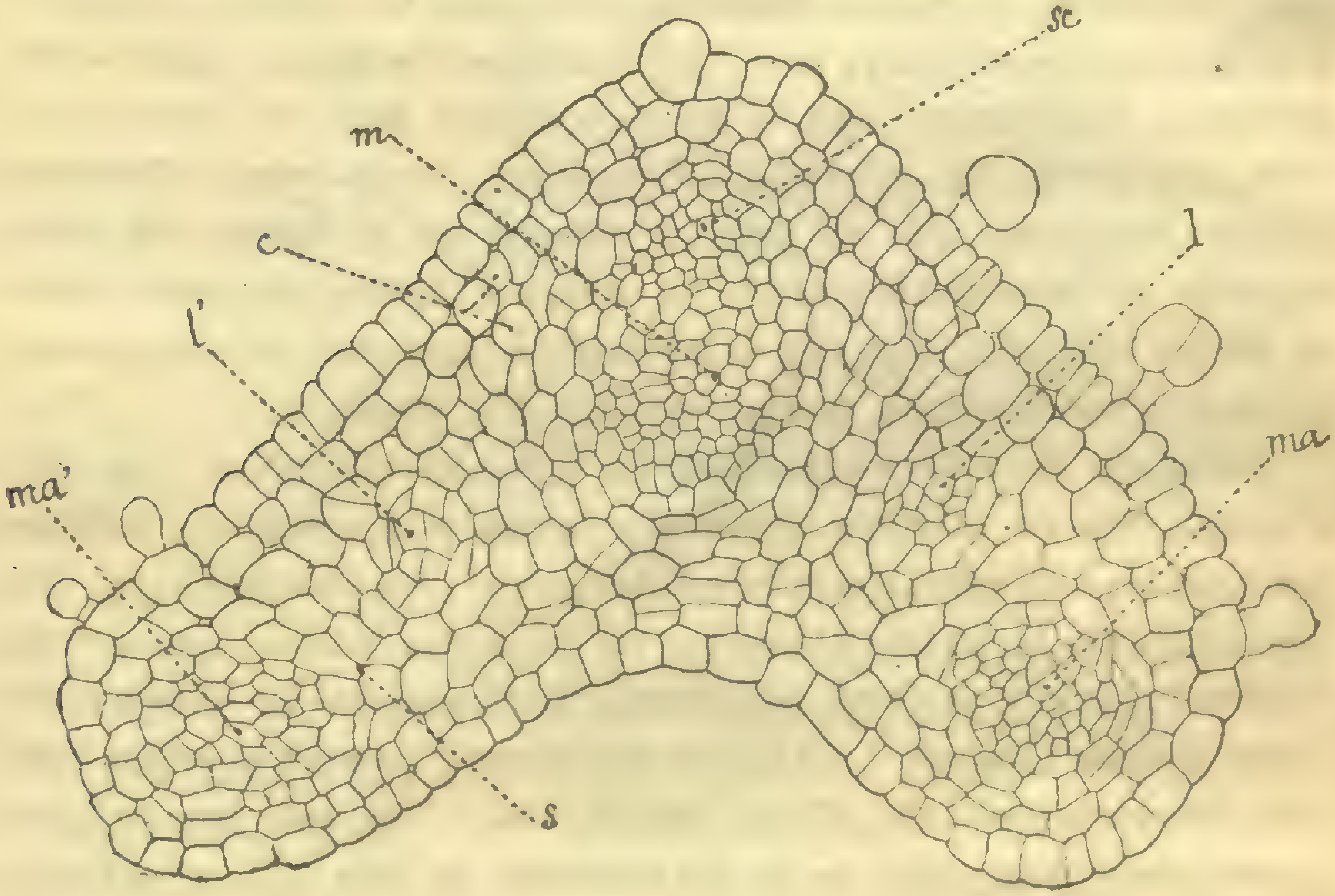


Fig. 110. — Coupe transversale dans la partie médiaire d'un jeune pétiole. *é*, épiderme ; *c*, méristème cortical ; *m'*, faisceau médian ; *l*, *l'*, faisceaux latéraux ; *ma*, *ma'*, faisceaux marginaux ; *s*, tissu vasculaire interposé ; *sc*, faisceau du péricycle scléreux, au dos du faisceau médian.

Enfin, aux deux extrémités de la section pétiolaire se voient les faisceaux marginaux *ma*, *ma'*. Ils naissent dans la même région que les précédents et sont entourés extérieurement par les assises corticales. Souvent même, la distinction entre les cellules corticales qui les bordent et le méristème vasculaire est plus nette encore.

C'est d'ailleurs un point qui n'est pas contesté.

Mais si l'on compare maintenant la figure 110 avec la figure 109, on se rend compte de l'analogie parfaite qui existe entre la base foliaire *F5*, figure 109, et la section pétiolaire de la figure 131. Les faisceaux latéraux *l*, *l'*, ont disparu, car ils se sont soudés au-dessus de l'insertion avec le foliaire médian, toutefois la position respective des faisceaux médians et des faisceaux marginaux est restée la même, ainsi que leurs rapports avec les assises corticales. D'autre part, les cellules *s* ou *s'*, qui avoisinent la pointe ligneuse des faisceaux marginaux, ont la même origine dans les deux cas : elles font partie du méristème vasculaire. Nous avons d'ailleurs appelé l'attention sur ce point à propos de la figure 104, dans laquelle la délimitation entre les diverses régions est bien nette, en même temps qu'apparaît le méristème interposé entre le groupe central et les faisceaux marginaux (fig. 104, *ma3*).

Par suite de la croissance de la tige, les cellules *s'* (fig. 109) s'accroissent en nombre et en dimension et écartent de l'ellipse centrale les faisceaux marginaux De même, les cellules *s* (fig. 109) qui séparent la partie scléreuse de la partie libéro-ligneuse du faisceau médian, peuvent augmenter leur nombre et éloigner ces deux parties l'une de l'autre. On ne saurait admettre, cependant, que cet accroissement d'une région vasculaire par son origine, puisse avoir pour effet de la transformer en une région corticale.

D'ailleurs l'origine commune des diverses régions vasculaires et leur distinction d'avec la région corticale se laisse voir assez longtemps. La coupe représentée figure 111, par exemple, appartient à la même série que les précédentes, mais se trouve séparée par 70 coupes de celle de la figure 109. La structure de la tige avec ses six faisceaux y est bien nette, mais les cellules *vb* qui séparent les faisceaux marginaux *pst* de l'ellipse centrale sont visiblement de même nature que celles qui entourent les autres faisceaux. De même les cellules *va*, qui séparent la partie scléreuse de la partie libéro-ligneuse du faisceau médian *pm* laissent voir, malgré leurs dimensions accrues, la parenté entre les deux régions. Enfin, ce qu'il y a de plus caractéristique dans cette figure, c'est la continuité de la double assise corticale *c* autour de l'ensemble vasculaire, y compris les faisceaux marginaux. La différence des cellules corticales et des cellules vasculaires est bien visible, notamment dans la région *c'* et *vb*.

L'examen de ces différentes coupes, si nous les rapprochons des coupes fig. 109-110, nous permet donc de conclure que les faisceaux marginaux naissent et demeurent dans le méristème vasculaire. En un mot, il n'existe pas de faisceaux corticaux dans la *Vicia sativa*.

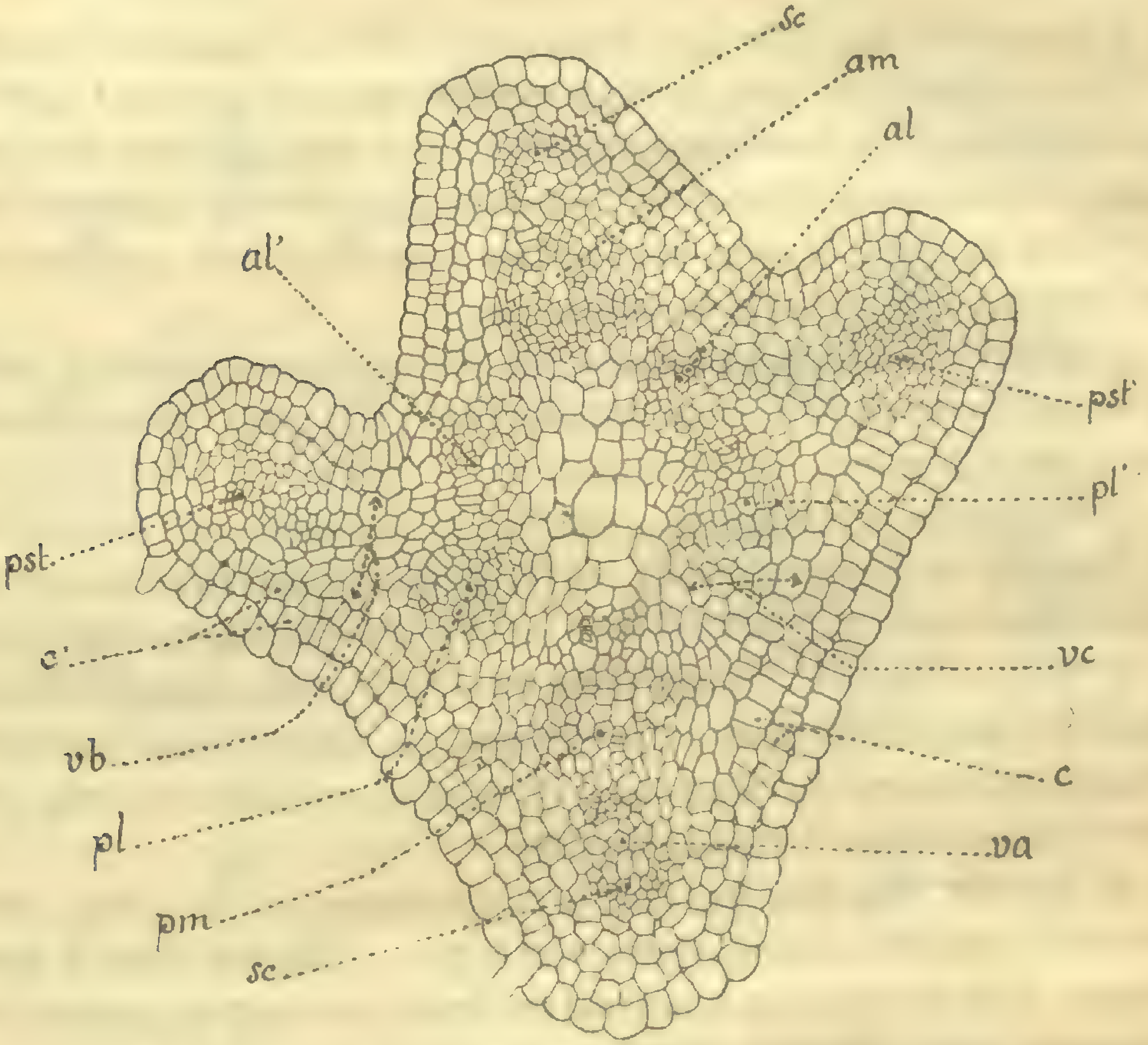


Fig. 111. — Coupe présentant la structure primaire de la tige. *am*, faisceau médian antérieur ; *al*, *al'* ; *pl*, *pl'*, faisceaux latéraux provenant des traces supérieures ; *pm*, faisceau postérieur, formant avec les 5 précédents une ellipse centrale ; *pst*, *pst'*, faisceaux marginaux provenant de la même trace que *pm* ; *sc*, faisceaux scléreux au dos des faisceaux médians ; *va*, parenchyme d'origine vasculaire entre 2 parties d'un même faisceau ; *vb*, *vc*, parenchyme vasculaire entre faisceaux de traces différentes.

Ce fait n'est pas particulier à une seule espèce, mais paraît général chez les Viciées. Dans le Pois notamment, qui est cité par nombre d'auteurs comme un type de plante à faisceaux corticaux, les faits observés plus haut dans la *Vicia sativa* se retrouvent avec une parfaite similitude.

Raccordement des bourgeons axillaires. Formation descendante de la tige

L'ensemble des faits que nous avons exposés jusqu'ici semble suffire à démontrer que la tige s'édifie synthétiquement par la juxtaposition et la condensation progressive des segments foliaires à partir du sommet. Toutefois l'habitude où l'on est d'expliquer les faits dans un ordre inverse nous oblige à citer des faits particuliers qui peuvent éclairer cette question.

A ce sujet un mode particulier de raccordement observé dans les faisceaux d'un bourgeon axillaire de *Vicia* peut nous donner quelques indications intéressantes.

Considérons, par exemple, une feuille de *Vicia sativa* à l'aisselle de laquelle se trouvent deux fleurs géminées et examinons les coupes successives, faites de haut en bas, dans la région axillaire.

1° La section de la tige présente 10 faisceaux disposés en ellipse et deux faisceaux marginaux antérieurs. Du côté où va se produire l'insertion foliaire, les faisceaux sont plus rapprochés les uns des autres que ceux de la région opposée.

2° Un peu plus bas, fig. 112, la coupe passe par la partie inférieure du pétiole : celui-ci comprend 5 gros faisceaux, dont 2 marginaux. Près du faisceau marginal de droite, on voit la section des faisceaux d'un pédicelle floral, groupés en une petite ellipse, à l'intérieur du pétiole.

3° Une assise génératrice commune s'établit entre les cinq faisceaux de la tige voisins de l'insertion foliaire. La base du pétiole est concrescente avec la stipule, dans laquelle les faisceaux marginaux envoient des ramifications *fst*. L'ellipse vasculaire du pédicelle floral s'ouvre en forme de *C*.

4° Les cinq faisceaux de la moitié postérieure de l'ellipse confluent en un seul groupe libéro-ligneux. Le faisceau médian *pm* se relie aux faisceaux *pl*, *pl'* par deux ponts libéro-ligneux. Les deux faisceaux extérieurs *ast*, *ast'* se sont rapprochés de l'ellipse et appuient leur extrémité ligneuse contre l'axe scléreux des faisceaux *pll*, *pll'*. Dans la région stipulaire, les faisceaux marginaux du pétiole se ramifient, notamment à gauche (*fst*). L'ellipse vasculaire du pédicelle floral se divise en deux parties : celle de droite est répartie en deux ou trois fascicules libéroligneux *flo*, celle de gauche s'étire obliquement et va se raccorder avec l'ellipse centrale à droite du faisceau médian. Les deux faisceaux latéraux (*fl*, *fl'*) du pétiole commencent à étirer leur pointe ligneuse ; le faisceau pétiolaire médian est encore en place (*fm*).

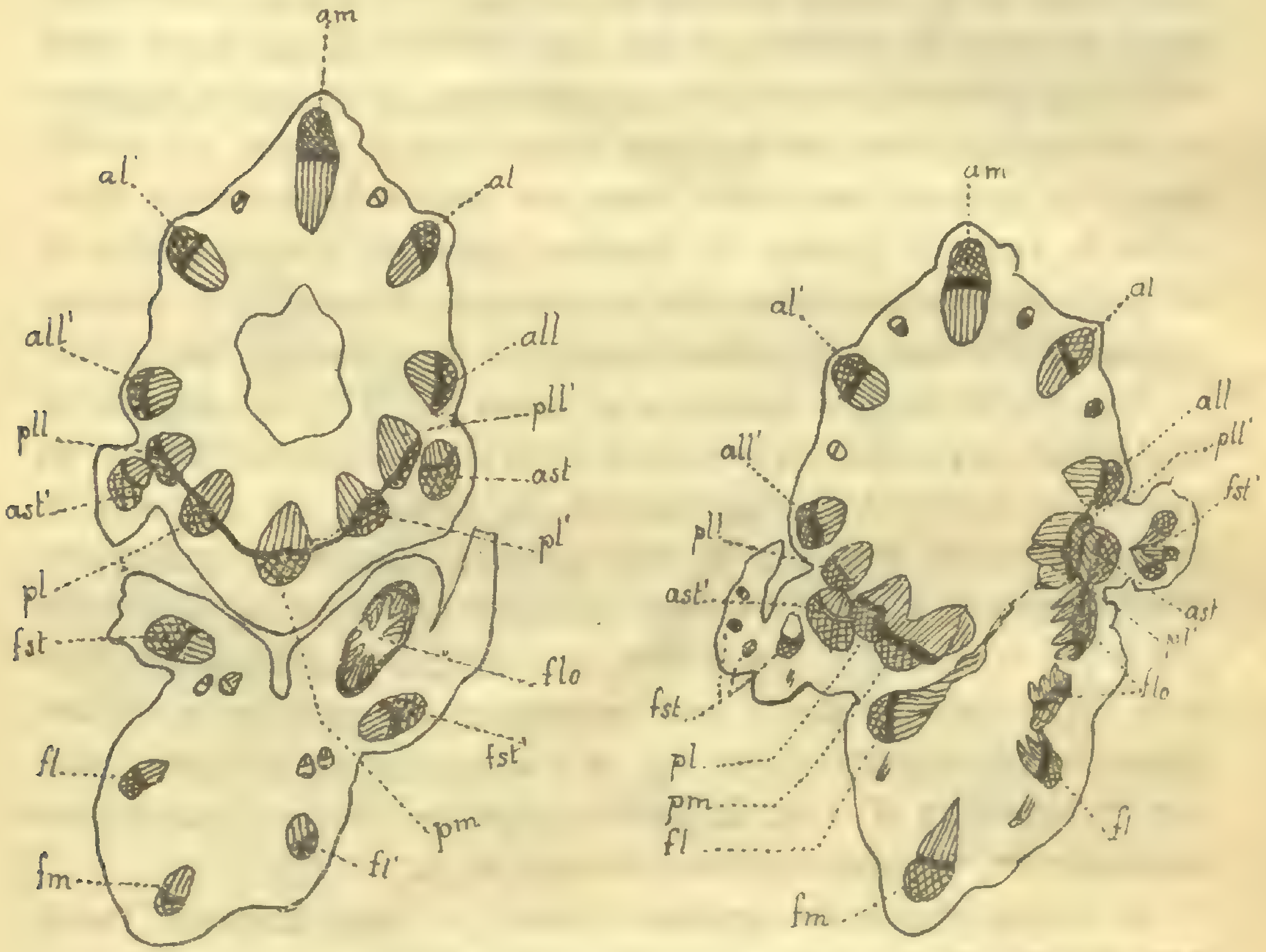


Fig. 112. Fig. 113.

Fig. 112-113. — *Vicia sativa*. Raccordement des faisceaux en présence d'un bourgeon floral. *am*, faisceau médian antérieur ; *al*, *al'*, *all*, *all'*, faisceaux latéraux antérieurs ; *pm*; faisceau postérieur médian ; *pl*, *pl'*, *pll*, *pll'*, faisceaux postérieurs latéraux ; *ast*, *ast'*, faisceaux stipulaires de la trace antérieure ; *fm*, faisceau pétiolaire médian ; *fl*, *fl'*, faisceaux pétiolaires latéraux ; *flo*, faisceaux floraux ; *fst*, *fst'* faisceaux stipulaires postérieurs. (Les mêmes désignations seront employées pour les figures 114 à 117).

5° La structure devient ensuite telle que le représente la figure 113. Cette figure est particulièrement intéressante. Dans le premier passage de faisceaux que nous avons étudié, fig. 84, nous avons vu que le faisceau médian correspondant au faisceau *pm* de la présente coupe se divise au-dessus du point où s'opère le raccordement foliaire. Ici, il n'en est pas de même, sans doute à cause de la présence des faisceaux du pédicelle floral. Le faisceau *pm* est rejeté vers la gauche : son sclérenchyme n'est plus dans le prolongement de son grand axe. A sa droite, se voient des étirements vasculaires, provenant de la moitié gauche de l'ellipse vasculaire du pédicelle floral et aussi du faisceau *pl'* qui s'est joint en partie à *pm*. Cette partie du faisceau *pl'* forme sur le côté droit de la région ligneuse de *pm* une apophyse qui est bien visible sur la figure. La moitié droite du système vasculaire floral est condensée en deux fascicules *flo*. Dans le pétiole, le faisceau latéral de gauche s'étire et les petits fascicules situés entre les faisceaux latéraux et le faisceau médian deviennent obliques et rejoignent les faisceaux latéraux *fl*.

6° L'écartement des faisceaux *pl'* et *pm* (fig. 114) est de plus en plus grand, parce que les faisceaux *pl'* et *pll'* de droite se fondent en une seule masse et se rapprochent du faisceau *all* au point de confluer avec lui. Toutefois les cinq faisceaux antérieurs conservent leurs positions respectives et ne semblent aucunement intéressés par le phénomène foliaire. C'est à ce niveau (9^e coupe) que le faisceau stipulaire de droite (*ast*) commence à tourner sa pointe ligneuse vers le centre de la tige et à se placer sur le même rang que les faisceaux *pl' et flo*. En même temps, les faisceaux stipulaires se réunissent de chaque côté en un seul *fst, fst'*.

La moitié gauche du système vasculaire floral disparaît peu à peu, se fondant dans une sorte d'apophyse latérale du faisceau *pm ;* sa moitié droite qui s'était, pour ainsi dire, dissociée, se réorganise peu à peu en deux faisceaux *flo*.

Les faisceaux latéraux et médian du pétiole, *fm*, *fl*, *fl'*, se rapprochent et se rejoignent par leur base. La ligne qui, partant de leur sommet commun, va rejoindre la pointe de *pl'*, marque la limite entre la moelle du segment foliaire et celle du reste de la tige.

7° Les faisceaux du pétiole se soudent peu à peu en un faisceau unique (*fm*, fig. 116) placé à droite du faisceau pétiolaire du nœud supérieur (*pm*). A droite du gros faisceau *fm*, les fascicules de droite du pédicelle floral se réunissent en un faisceau *flo* contigu au précédent et placé sur le pourtour de l'ellipse que forme maintenant l'ensemble des faisceaux.

Dans la partie gauche, le faisceau extérieur *ast* vient s'intercaler en arrière des faisceaux *pl* et *pll*, au moment où les faisceaux stipulaires de ce côté achèvent (*fst*) de se souder en un faisceau unique. Du côté droit, cette soudure était achevée depuis quelque temps déjà, et, il n'est pas sans intérêt de noter encore cette discordance entre les deux côtés de la région stipulaire.

Dans la partie droite, les faisceaux *pl'* et *pll'*, ainsi que le faisceau extérieur *ast* qui s'était déjà rapproché des autres, sont repoussés vers le faisceau *all*, par suite de la présence du faisceau floral *flo*, mais la position du faisceau *all* par rapport au groupe témoin (antérieur) ne s'est pas modifiée.

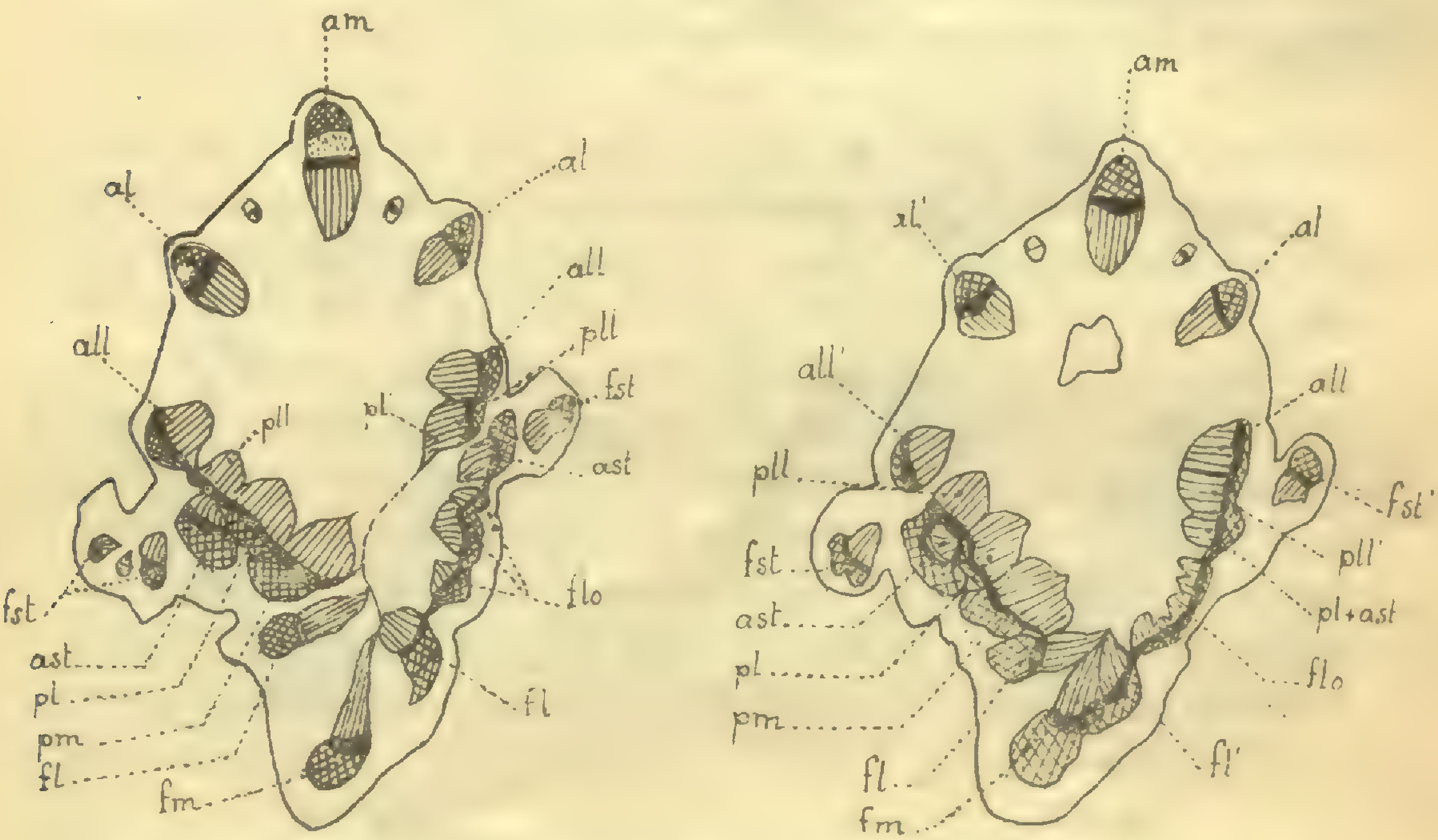


Fig. 114. Fig. 115.

Fig. 114 et 115. — *Vicia satira.* Rapports et mode d'insertion des faisceaux foliaires médian *fm* et latéraux *fl*, *fl'*, des faisceaux floraux *flo*, et des faisceaux stipulaires du nœud supérieur *ast* et *ast'*.

8° La tige reprend peu à peu sa structure type. A droite du faisceau postérieur médian les faisceaux latéraux se séparent les uns des autres, *pll'* est maintenant distinct de *all'*, et dans la coupe figure 117, rien ne décèle plus son origine complexe. Dans la figure 116, à gauche, l'intercalation du faisceau stipulaire *ast*, de la trace antérieure, n'est pas encore complètement terminée ; de ce côté, les faisceaux sont encore confluents et leurs dimensions montrent qu'ils en sont encore à la phase nodale du passage des faisceaux. Quant au faisceau médian postérieur, venant de la feuille, *fm*, il révèle encore, par sa forme, sa triple origine, dans la figure 116; mais dans la coupe, figure 117, les deux foliaires latéraux commencent à se détacher pour se joindre aux faisceaux voisins *pl*, *pl'*, comme nous l'avons vu dans le premier exemple étudié.

Au stade de la figure 117, la phase nodale est à peu près

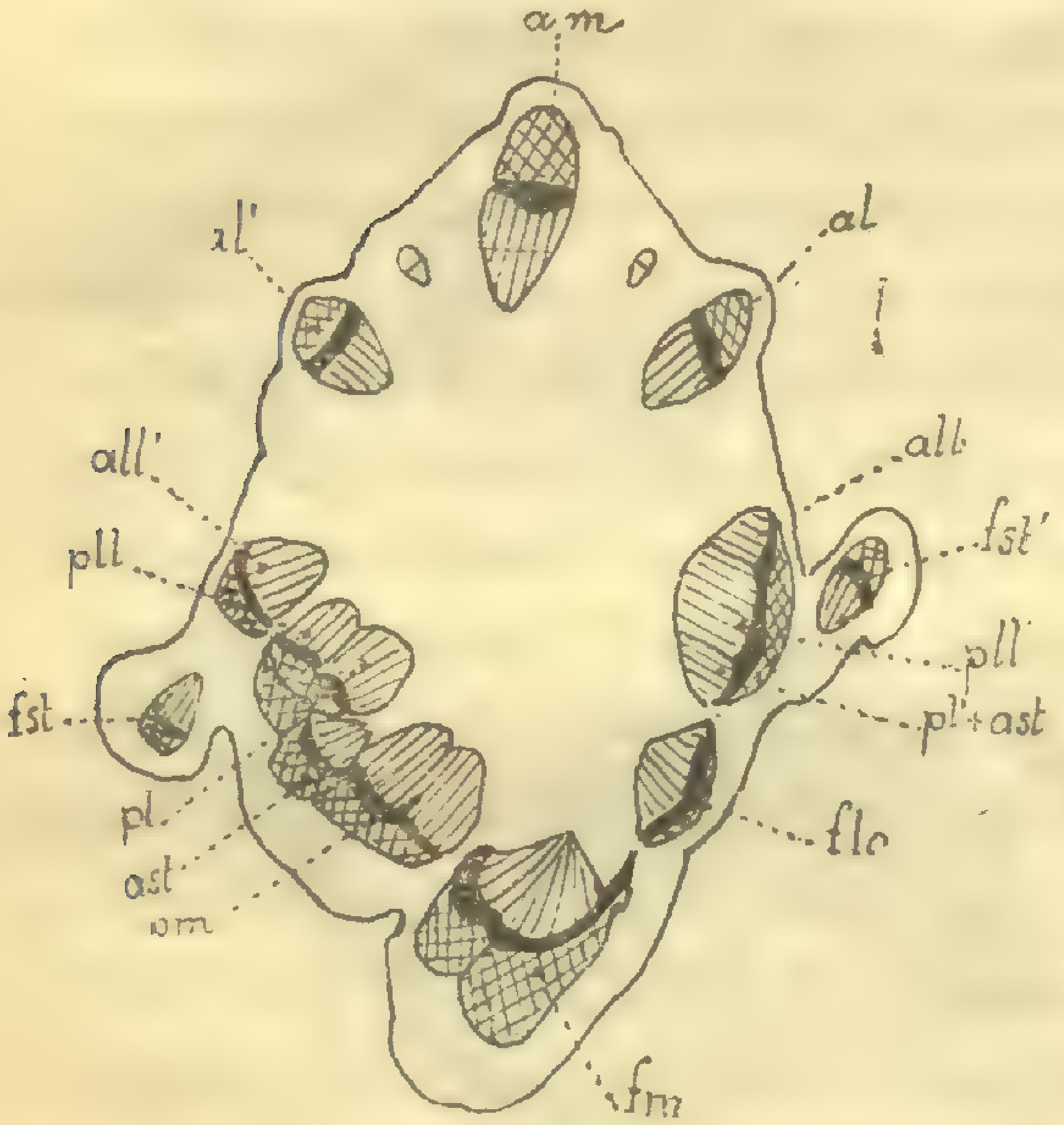


Fig. 116.

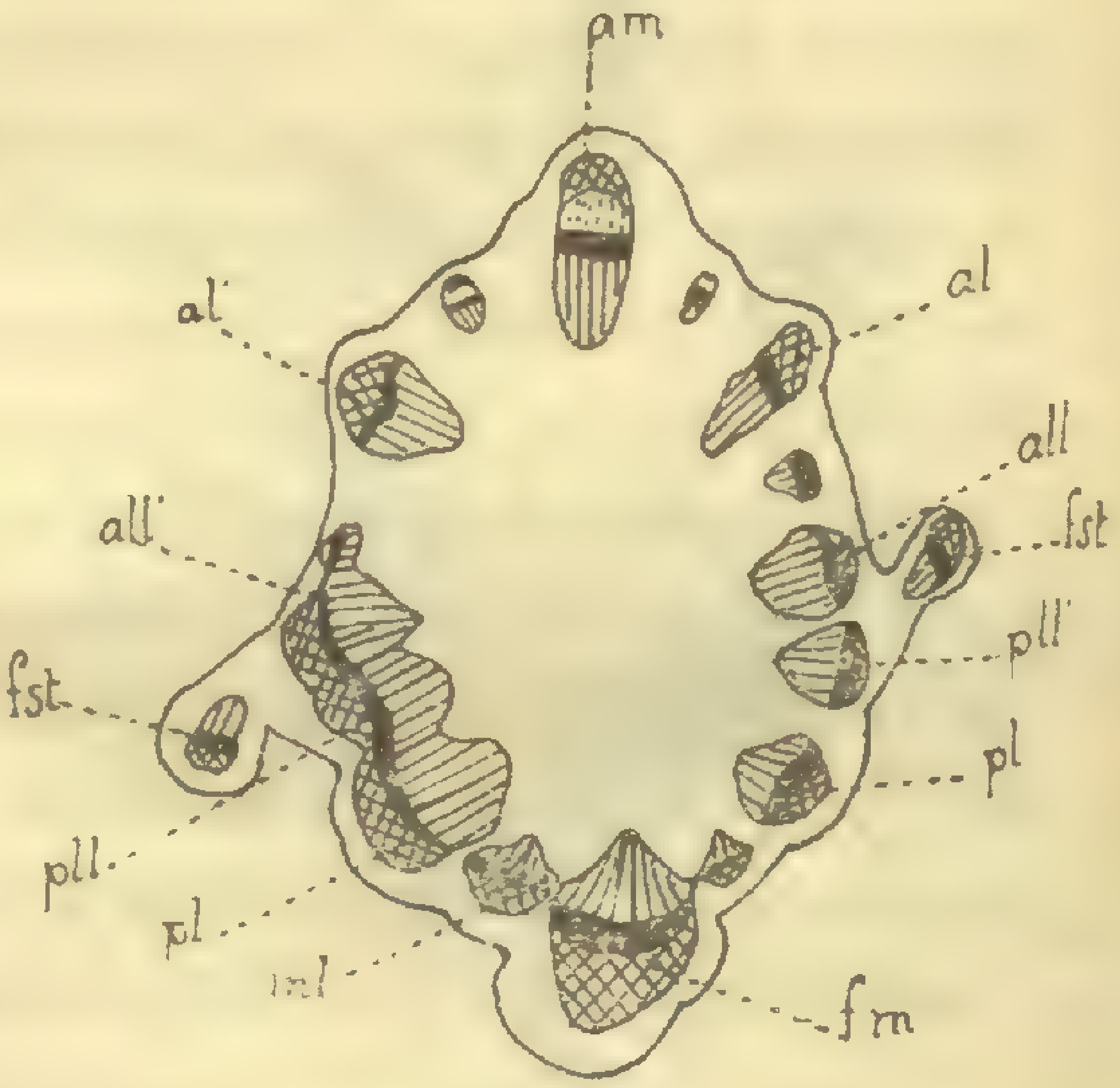


Fig. 117.

Fig. 116. — *Vicia sativa.* Base de la région nodale. *flo*, condensation des faisceaux de la région florale ; *fm*, condensation des faisceaux foliaires. Noter l'inégale répartition de l'appareil vasculaire entre les deux côtés de la tige, par suite de la déviation vers la gauche du faisceau médian supérieur *pm*. L'incorporation du faisceau stipulaire gauche *ast* n'est pas encore achevée.

Fig. 117. — La symétrie de la tige se rétablit peu à peu, par suite d'une sorte de décharge des faisceaux de gauche vers les faisceaux de droite.

franchie, car deux coupes plus bas, la tige reprend ses dix faisceaux distincts dans l'ellipse centrale, avec, en plus, les petits fascicules intercalés entre les faisceaux médians et leurs voisins et provenant des foliaires latéraux. La fin du passage se reconnaît également à la diminution considérable des dimensions de la section des faisceaux.

Conclusions. — Cette série de coupes, dans laquelle nous avons été obligé de supprimer bien des stades intéressants par leur structure intermédiaire, nous montre quelques faits d'importance générale sur lesquels nous devons insister.

Si la tige s'édifie, comme on le dit généralement, de bas en haut, si les faisceaux de cette tige se divisent et se ramifient pour former les faisceaux des feuilles et des organes floraux, le plan de cette organisation devrait rester le même, quel que soit le nœud considéré.

Et le système vasculaire de la feuille étant subordonné, dans ce cas, à celui de la tige, les relations réciproques de ces deux systèmes devraient être les mêmes à chaque insertion. Or nous venons de voir qu'il n'en est pas ainsi, et que la présence d'un bourgeon axillaire peut modifier considérablement ces rapports, car le faisceau médian postérieur *pm*, qui, dans les conditions normales, devrait se diviser à la hauteur du nœud, se trouve tout entier rejeté vers la gauche du groupe condensé formé par les faisceaux foliaires *fm*, à cause sans doute de la présence du pédicelle floral. Il est logique d'en conclure que c'est le faisceau *pm* qui s'est adapté à une structure préétablie, et par conséquent la disposition que nous constatons à la hauteur de ce nœud indique que la structure de tige s'édifie, non de bas en haut, mais de haut en bas, par la fusion des traces foliaires de la partie supérieure dans les traces foliaires préexistantes.

HEDERA HELIX (Lierre grimpant).

L'étude des plantes qui précèdent sera utilement complétée par celle du Lierre, au point de vue de l'intrication des traces foliaires dans les plantes à feuilles distiques.

Une coupe longitudinale pratiquée dans le sommet d'une tige de Lierre montre l'aspect de la figure 118. On y remarque d'abord que la feuille *m2* prend, dès sa naissance, un accroissement considérable et dépasse de beaucoup le sommet végétatif *m1*. Cet accroissement est d'abord localisé dans la gaine de la feuille, qui prend naissance sur tout le pourtour du point végétatif ainsi qu'on le voit en *g3*, figure 119. Il en résulte que les premières feuilles *m2*, *m1*, qui constituent le sommet de la plante, sont enveloppées et protégées par la gaine, qui joue ici un rôle analogue à celui des stipules.

Si l'on coupe le sommet suivant le plan *ab* (fig. 119), la section comprendra les traces de la deuxième et de la troisième feuille. Cette coupe est représentée figure 120. Chaque feuille comprend sept faisceaux : les faisceaux latéraux *l3* de la troisième feuille appartiennent aux parties latérales de la gaine qui, à cette hauteur, fait presque entièrement le tour de la tige. Un peu plus bas, elle l'entoure complètement, et alors il n'existe plus qu'un cercle de faisceaux, ceux de la seconde trace s'étant intercalés entre ceux de la troisième. La *tige* est alors formée et l'anneau libéro-ligneux comprend huit faisceaux, savoir : deux foliaires médians *m2* et *m3*, diamétralement opposés, et six foliaires latéraux, répartis en deux groupes de trois entre les foliaires médians.

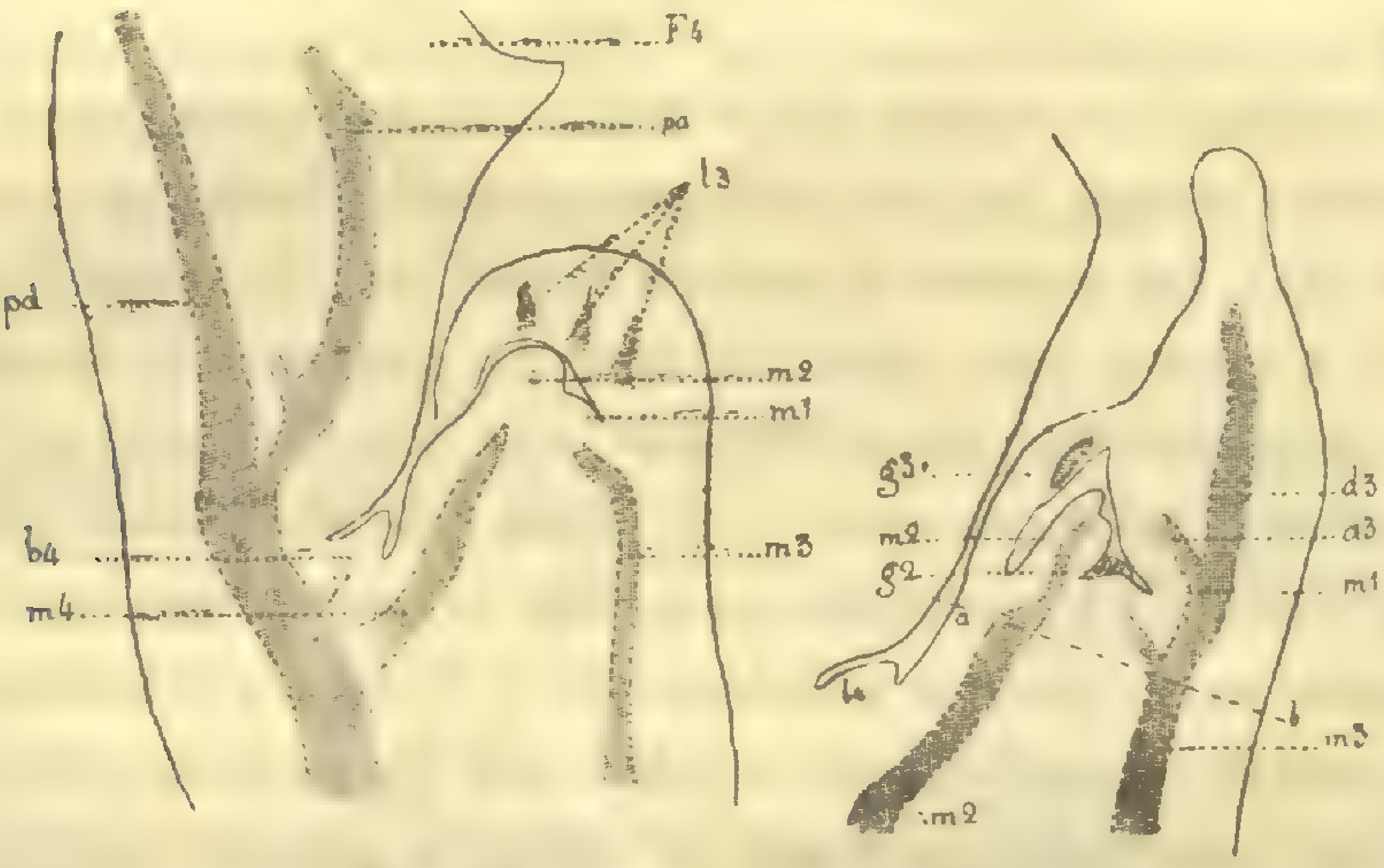


Fig. 118. Fig. 119.

Fig. 118-119. — *Hedera helix.* Sommet de la tige : *m1*, point végétatif ; *m2*, deuxième feuille, dont une partie de la gaine est visible fig. 119 ; *l3*, faisceaux latéraux de la gaine du 3ᵉ segment ; *d3*, faisceau dorsal ; *a3*, faisceau supérieur du 3ᵉ segment ; *f4*, quatrième feuille ; *b4*, son bourgeon axillaire ; *pa*, faisceau pétiolaire supérieur ; *pd*, faisceau pétiolaire dorsal ; *m4*, méristème vasculaire du 4ᵉ segment foliaire.

L'examen comparatif des figures 119 et 120 permet de faire quelques remarques importantes :

1° *Région corticale.* — La coupe dirigée suivant *ab* (fig. 119) montre que l'écorce de l'entre-nœud est la prolongation pure et simple de l'écorce de la gaine. En aucun point de cet entre-nœud on ne pourrait dire que les faisceaux traversent l'écorce pour passer de la feuille à la tige ou inversement.

2° *Concrescence des segments foliaires.* — La présence de deux traces foliaires concentriques au nœud et les rapports qu'elles présentent entre elles indiquent une concrescence entre deux segments foliaires successifs. Ce fait est intéressant en ce qu'il permet de penser que la structure compliquée de la tige de certaines monocotylédones à feuilles distiques n'est peut-être qu'une complication plus grande de la structure du Lierre, complication due à une concrescence de la gaine pendant plusieurs entre-nœuds.

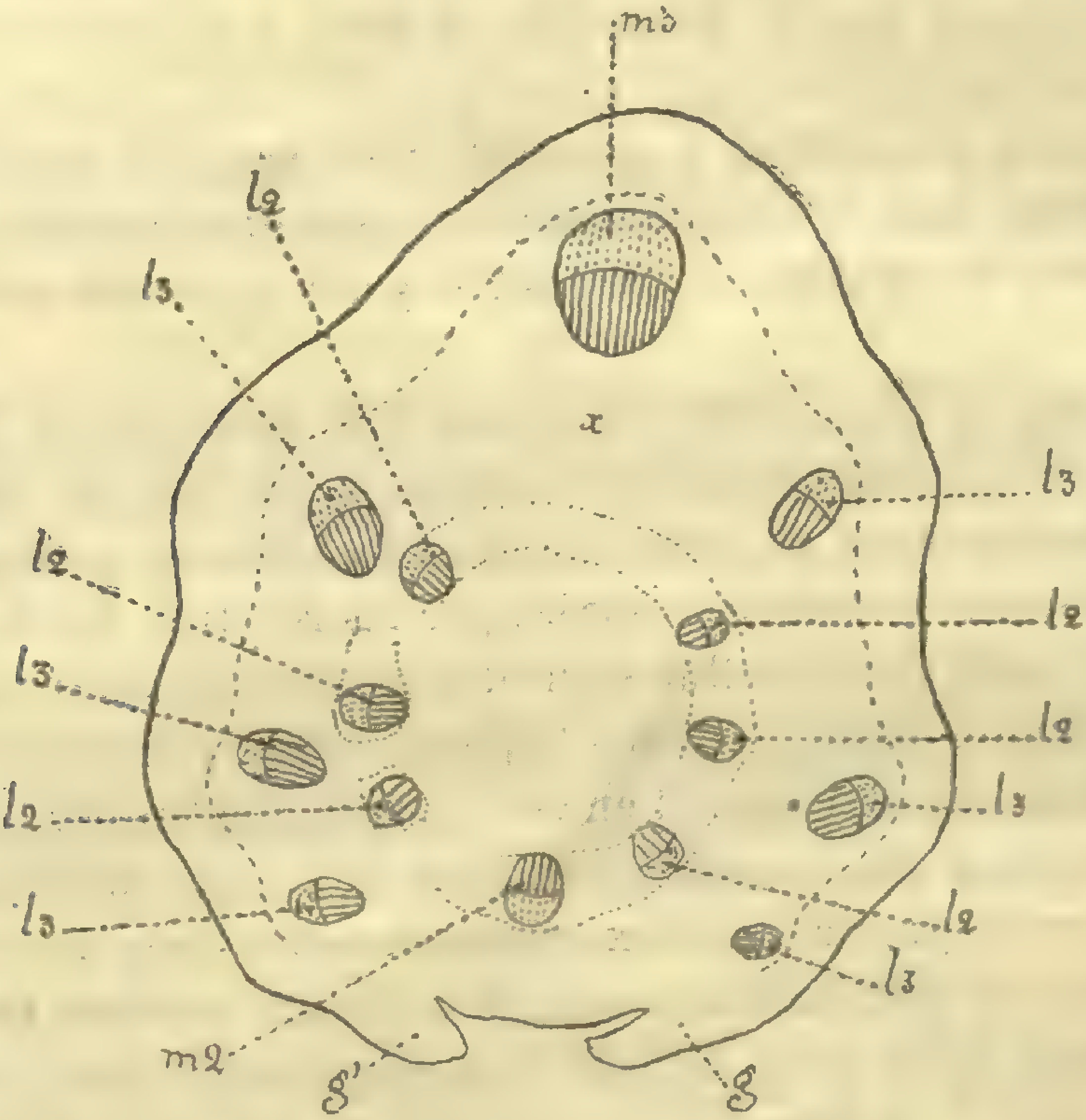


Fig. 120. — *Hedera helix.* Section transversale près du sommet, montrant 2 traces foliaires en présence : *m2*, *l2*, le faisceau médian et les six faisceaux latéraux de la 2^e trace ; *m3*, le faisceau médian ; *l3*, les six faisceaux latéraux de la 3^e trace.

3° *Structure du pétiole et raccordement axillaire.* — Dans le pétiole, les faisceaux sont disposés en un fer à cheval fermé. A la base (fig. 118), les faisceaux de la région antérieure *pa* se raccordent avec ceux de la région postérieure *pd*. Les faisceaux latéraux du pétiole se trifurquent et donnent de chaque côté trois faisceaux à la gaine. Au-dessous du raccordement des faisceaux pétiolaires, le bourgeon axillaire *b4* (fig. 118) raccorde son système vasculaire avec le faisceau médian de la feuille et envoie quelques ramifications latérales aux faisceaux de la gaine.

Continuité des tissus

Si l'on fait une coupe transversale à la hauteur du bourgeon *b4*, on trouve, au point *x*, fig. 120, un tissu parenchymateux. Quelle est son origine ? Sur la figure 118, ce point *x* se trouverait placé entre les extrémités des deux pointillés *b4* et *m4*, et par suite de cette position, il pourrait à première vue, sembler appartenir à l'écorce. Mais, dans ce cas, le bourgeon axillaire se développerait-il aux dépens de cellules corticales ? Il y a là un point intéressant à fixer.

Pour cela, il faut considérer d'abord la structure de l'écorce. Dans une coupe transversale de pétiole ou de tige, on aperçoit, sous l'épiderme, deux ou trois rangées de cellules à parois légèrement épaissies et fortement colorées par les réactifs. En-dedans de cette zone corticale les cellules ont des parois plus minces et forment une région homogène dans laquelle sont placés les faisceaux. Ces deux zones se distinguent encore l'une de l'autre par les caractères suivants : à l'état jeune, les cellules de la zone extérieure sont à peu près rectangulaires ou hexagonales ; celles de la zone interne ont toujours des contours arrondis ; à l'état âgé ou dans les exemplaires recueillis en hiver, la zone externe présente dans sa rangée interne un grand nombre de cristaux mâclés d'oxalate de calcium. Enfin, la présence des faisceaux dans la zone interne, que ce soit dans la pétiole, dans la gaine ou dans la tige, nous conduit à penser qu'elle provient du méristème vasculaire. C'est en effet ce que montre l'examen des coupes longitudinales.

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE

PARUS DE 1897 A 1902 (*Suite*).

Devaux (1) dit aussi que, dans les tiges à gaîne scléreuse complète, il se produit des ruptures de la gaîne, faisant apparaître des fissures radiales bientôt comblées par des sortes de thylles. Les faisceaux se rompent également et sont ressoudés de la même façon. Dans les tiges à arcs fibreux péricycliques, il se forme des plages d'accroissement, continuant ou non les rayons médullaires ; le liber peut s'accroître aussi et alors il y a rupture des cordons scléreux péricycliques dont les fibres sont écartées les unes des autres et se retrouvent plus tard éparses dans le tissu de remplissage (Hêtre). Les choses se passent à peu près de même façon que le périderme soit superficiel ou profond.

L'évolution du péricycle des plantes ligneuses est suivie aussi par Pitard (2). L'accroissement des péricycles cellulosiques s'effectue soit par cloisonnement radial, soit par élongation tangentielle des cellules. Dans les péricycles fibreux (arcs ou anneau continu) se forment des crevasses intercellulaires aussitôt comblées par des inclusions de tissus, sortes de thylles provenant soit de l'écorce, soit des parties profondes du péricycle, soit du liber ou des rayons médullaires. Les thylles demeurent cellulosiques ou se lignifient et l'évolution ultérieure se continue par les mêmes procédés. Il peut se produire aussi des étirements et des aplatissements de cellules. L'arrangement primitif des éléments et leur nature ont la plus grande influence sur l'évolution du péricycle. L'auteur donne sous forme de tableaux la façon dont se comporte le péricycle, à des âges différents, dans bon nombre d'espèces. Les dispositions du péricycle considérées comme caractéristiques de diverses familles disparaissent avec l'âge et le péricycle perd toute valeur taxinomique. Le péricycle n'est pas une région autonome dans la tige jeune, d'après l'auteur ; il l'est encore bien moins dans la tige âgée. Parmi les arbres ou arbrisseaux de la flore française, il y a 72 genres à péricycle hétéromère, 5 à péricycle homœomère, 21 sans péricycle. La nature du péricycle n'a aucune influence sur la durée de sa persistance, par contre il existe une certaine uniformité à ce point de vue dans une même famille. Le péricycle est exfolié dans dans des tiges très grêles (0,3 mm. dans *Oxycoccos microcarpa*) chez les Ericacées, Epacridacées,

---

(1) Devaux : *Accroissement tangentiel du péricycle* (C. R. Ac. Sc., t. 128, 1899).

(2) Pitard : *Recherches sur l'évolution et la valeur anatomique et taxinomique du péricycle des Angiospermes* (Actes Soc. Linn. Bordeaux, 1900 et 1901. — Mém. Soc. Sc. ph. nat. Bordeaux, 1901).

Styracées, Caryophyllées ; par contre, le péricycle est encore vivant dans des tiges volumineuses de Pomacées, Salicinées, Cupulifères, Juglandées (45 cm. chez *Fagus sylvatica*).

Tison (1) décrit le mode d'accroissement de la tige en face des faisceaux foliaires, après la chute des feuilles, chez les Dicotylédones. La portion des faisceaux foliaires qui traverse l'écorce de la tige cesse de produire du bois et du liber, tandis que la portion sous-corticale de ces mêmes faisceaux continue à s'accroître à l'aide de sa zone cambiale et se raccorde avec le cambium de la tige. Le cordon ligneux cortical, étiré par ce mécanisme, se coude et se rompt ; les vides sont comblés par la prolifération des cellules voisines. Le cordon cortical subit le même sort que l'écorce et finit par être exfolié. La rupture se fait plus ou moins tardivement suivant les circonstances et les espèces (l'année qui suit la chute de la feuille chez *Acer campestre*, vers la sixième année chez *Evonymus latifolius*). L'auteur étudie chez un grand nombre d'espèces diverses variations en rapport avec la rapidité d'accroissement de la tige, avec le degré de courbure des faisceaux foliaires, avec la position plus ou moins excentrique qu'occupe leur partie sous-corticale, avec la force de résistance à la rupture des éléments ligneux. La rupture est accélérée par l'entrée en végétation du bourgeon axillaire. Parmi les cas singuliers, il faut citer celui de l'*Aristolochia Sipho*, où la feuille reçoit 3 faisceaux dont le médian se trilobe à la base. Les faisceaux latéraux se rompent la première année, le médian la sixième. La zone cambiale fonctionne ici dans le trajet cortical du faisceau médian et la limite supérieure de son activité se déplace progressivement jusqu'à atteindre le périderme. La rupture se produit dans l'écorce au-dessus du point de trilobation du cordon. Les tissus secondaires formés au-dessus du point de rupture sont parenchymateux. *Menispermum canadense* montre des faits analogues. Chez *Azalea sinensis*, *Spiroea opulifolius*, etc., c'est le périderme cicatriciel très profond qui rompt les faisceaux foliaires, la zone cambiale déborde l'extrémité du cordon ligneux et s'établit dans le phelloderme cicatriciel pour se raccorder avec le méristème de la tige.

On admet généralement avec Sanio qu'il existe dans les méristèmes secondaires une seule assise génératrice, en d'autres termes que dans une file radiale de cellules, il n'y a qu'une cellule capable de se diviser indéfiniment vers l'extérieur et vers l'intérieur. Sanio dit que les cellules-filles sont tout au plus capables d'une division avant de se transformer en éléments libériens ou ligneux. Cette théorie déjà contredite par Roeseler (Dracænées), par Mischke (Conifères) et surtout par

---

(1) Tison : *Sur le mode d'accroissement de la tige en face des faisceaux foliaires après la chute des feuilles chez les Dicotylédones* (Mém. Soc. Linn. Normandie, t. 21, 1902).

Raatz est également réfutée par Nordhausen (1). Raatz a montré qu'il se forme parfois, lorsque la turgescence diminue, des adhérences en certains points des membranes tangentielles. Ces adhérences persistent par la suite sous forme de bâtonnets et, comme la cellule se divise, on voit des bâtonnets traversant jusqu'à 25 cellules ce qui prouve que les cellules de la file sont capables de divisions répétées. Nordhausen apporte des preuves de même nature (files doubles, membranes épaissies). Dans le cambium des Dicotylédones, il n'y a donc aucune cellule qui se distingue des autres par sa capacité de division. Le méristème constitue une couche de cellules capables de se multiplier. Le méristème des rayons médullaires se comporte comme celui des faisceaux dont il ne se distingue pas. Durant la différenciation des vaisseaux, le volume de ces éléments augmente beaucoup plus que celui des cellules voisines, et, d'après Krabbe comme d'après Sanio, il se produit alors un glissement des deux lamelles de la membrane. Nordhausen n'admet pas ce glissement; d'ailleurs les cloisonnements des cellules voisines des vaisseaux ne sont pas rares.

Jost (2) admet l'existence d'un glissement des membranes, mais dans d'autres circonstances. La longueur des cellules du méristème secondaire n'est pas modifiée par la croissance en largeur dans les tiges non ramifiées, les files de cellules sont radiales. Il n'en est pas ainsi à l'insertion de rameaux. Au-dessus et au-dessous de l'insertion se produit un raccourcissement notable du cambium, ce qui ne peut s'expliquer que par une croissance glissante. Au-dessous de l'insertion, le glissement est longitudinal; au-dessus, il est à la fois longitudinal et transversal. Il en résulte une position anormale des éléments ligneux.

Les rayons médullaires du Hêtre se continuent primitivement sur toute la longueur de l'entrenœud. La croissance en largeur les segmente en tronçons hauts de quelques millimètres. Cette dissociation doit commencer à se manifester dans le cambium et nécessite une croissance glissante. Des rameaux dont la croissance longitudinale est terminée, peuvent subir des courbures géotropiques. Il est vraisemblable que le cambium est intéressé par ces courbures et subit d'un côté un raccourcissement, de l'autre un allongement, qui agissent sur la masse de bois déjà existante. Au moins dans le cas du raccourcissement, il doit y avoir un glissement de cellules.

Houlbert (3), à propos du bois des Ulmacées, montre que la structure des anneaux ligneux varie avec l'âge de la plante. Appliquant aux Ulmacées la méthode des superpositions embryogéniques de Giard (1876), l'auteur essaie d'établir la philogénie des plantes de cette famille par la comparaison de leur bois. Au point de vue du bois, les *Ulmus* offrent la structure la plus différenciée et la mieux adaptée aux conditions actuelles. Dans son développement, le bois des *Ulmus* passe par les étapes auxquelles divers membres de la famille ont borné leur évolution. Le bois de première année de *Morus*, *Maclura*, *Ulmus*, rappelle celui des Conocéphalées et surtout celui des Boehmériées par ses vaisseaux simples, non groupés, dans le bois de printemps, par ses fibres radiales et par l'étroitesse des rayons. L'anneau de deuxième année chez *Ulmus* rappelle le bois adulte des *Planera* et des *Morus* inférieurs, ceux de troisième et de quatrième année sont analogues au bois des *Morus* supérieurs par leurs îlots de vaisseaux disséminés dans le bois d'automne. Vers la cinquième et la sixième années, le bois commence à présenter les bandes caractéristiques des *Ulmus*, associées aux îlots des *Morus* et rappelle la disposition des *Celtis* qui sont, comme on sait, intermédiaires entre ces deux genres. Dans la septième, la huitième et la neuvième années, les îlots vasculaires disparaissent complètement du bois d'automne où ils sont remplacés par des bandes continues de petits vaisseaux, mais encore peu ou pas colorés. Ce n'est que vers la dixième année que le bois des *Ulmus* acquiert ses traits caractéristiques, sauf la coloration. On voit qu'il est nécessaire d'examiner des tiges âgées, quand on veut tirer des caractères taxinomiques de la structure anatomique.

---

(1) Nordhausen : *Zur Kentniss der Wachsthumsgänge im Verdickungsringe der Dicotylen* (Fünfstücks Bitr. wiss. Bot., 1898).

(2) Jost : *Ueber einige Eigenthümlichkeiten des Cambiums der Baume* (Bot. Ztg., t. 59, 1901).

(3) Houlbert : *Phylogénie des Ulmacées* (Rev. gén. de Bot., 1899).

Kraus (1) se demande si les anneaux ligneux du tronc sont plus épais du côté tourné vers le Sud que du côté Nord, ainsi que le veut une ancienne croyance. Il déclare que les irrégularités fréquentes du bois ne peuvent se ramener à une excentricité dans le sens voulu. Par contre l'écorce est plus précoce et plus développée du côté Sud.

Ricôme (2) met en évidence l'existence fréquente dans les rameaux d'inflorescence d'une *dorsiventralité* ou *hétérotrophie* plus ou moins nette, mais parfois si accentuée qu'on pourrait prendre certains pédicelles pour des pétioles. Cette dorsiventralité a échappé à l'attention des auteurs qui ont étudié la structure des pédicelles, préoccupés surtout de comparer ces organes aux tiges végétatives sans s'inquiéter de leur orientation. L'hétérotrophie se manifeste dans les inflorescences les plus variées (pédoncules solitaires, grappes, ombelles, corymbes, cymes). Dans la même inflorescence, à côté de rameaux à symétrie normale, radiaire, on trouve des rameaux, souvent de même ordre que les premiers, présentant une symétrie bilatérale et deux faces, l'une supérieure, l'autre inférieure, constituées différemment. Il existe donc un *polymorphisme des tiges*. Les rameaux normaux ont une direction voisine de la verticale, les rameaux dorsiventraux sont au contraire inclinés sur l'horizon. D'autre part, les faces supérieure et inférieure caractérisées par la structure ne coïncident pas nécessairement avec les faces ventrale et dorsale déterminées par l'insertion du rameau. Aussi l'auteur a-t-il été amené à admettre l'influence des agents extérieurs sur le phénomène et à essayer d'établir expérimentalement cette influence.

---

(1) Kraus : *Nord und Süd im Jahrring* (Festschr. für Schwendener, Berlin, 1899).

(2) Ricôme : *Sur le polymorphisme des rameaux dans les inflorescences* (C. R. Ac. Sc., t. 125, 1897). — *Recherches expérimentales sur la symétrie des rameaux floraux* (Ann. Sc. nat. Bot., 8e S., t. 7, mars 1899).

Extérieurement la dorsiventralité peut se révéler par des caractères variés (forme du rameau, orientation et inégalité des ailes, plissement de la face supérieure alors que les autres faces sont lisses, inégal développement des branches et des organes foliaires nés des diverses faces du rameau) ou n'être pas manifeste.

Anatomiquement, dans toutes les espèces décrites (Ombellifères et en outre une quarantaine de plantes appartenant à 21 familles différentes), l'écorce est hypotrophe, les cellules étant plus grandes et plus nombreuses du côté inférieur ; il en est souvent ainsi de l'épiderme. Il résulte de ce fait que le cylindre central est plus rapproché de la surface supérieure que de l'inférieure. Le tissu assimilateur et le tissu mécanique cortical sont mieux caractérisés du côté supérieur, le premier par la forme plus ou moins palissadique des cellules et l'abondance de la chlorophylle, le second par l'étroitesse des cavités cellulaires et l'épaisseur des membranes collenchymateuses. Souvent les deux tissus alternent au-dessous de l'épiderme sous forme de rubans longitudinaux. Le collenchyme constitue alors, à la face supérieure, des cordons mécaniques saillants en forme de côtes tandis que le tissu assimilateur tapisse les sillons ; sur la face opposée, côtes et sillons disparaissent, les cordons collenchymateux dont le caractère de soutien est très atténué, s'étalent en surface rétrécissant ou même faisant disparaître (par places ou totalement) les cordons assimilateurs pauvres en chlorophylle.

Dans le cylindre central, les dispositions les plus fréquentes sont soit l'hypotrophie de l'anneau libéro-ligneux ou des faisceaux ainsi que du sclérenchyme péricyclique, soit la prépondérance des formations libéro-ligneuses sur les faces latérales ou latéro-inférieures et la déviation des faisceaux (les files cellulaires libéro-ligneuses perdent leur orientation radiale en rejetant et rapprochant vers le bas leurs portions libériennes). Le périderme superficiel est plus précoce et plus développé du côté supérieur.

L'expérience a montré la réalité de l'action de la pesanteur et de la lumière sur la nature de la symétrie de la structure. En modifiant la direction de l'éclairement ou l'orientation du rameau dans l'espace, en augmentant la charge que le rameau est appelé à supporter,on obtient des altérations profondes de la structure, altérations portant non-seulement sur les tissus superficiels, mais aussi sur les régions internes, notamment sur les faisceaux libéro-ligneux dont la position et le développement relatif peuvent être modifiés ; certains faisceaux disparaissent.

Ces transformations tiennent à l'action inégale des radiations solaires sur la face éclairée et sur la face à l'ombre, et à la différence de conditions mécaniques des deux faces du haut et du bas dans les rameaux inclinés qui ont à soutenir le poids de leurs fleurs et de leurs fruits ou le poids d'une surcharge. C'est ainsi par exemple que les cordons collenchymateux des Ombellifères, dans les rameaux surchargés, accentuent fortement leur caractère de tissu mécanique sur la face du haut, alors que sur la face opposée ils deviennent plus ou moins semblables à du parenchyme à grandes cellules.

Pitard (1), étudiant les inflorescences, a été amené par les travaux de l'auteur précédent à s'occuper des rameaux dorsiventraux. Mais il considère comme tels, des pédicelles qui, d'après ses propres descriptions, sont simplement des tiges normales aplaties (présentant deux plans de symétrie rectangulaires et deux faces de structure semblable). Il y a là une confusion qui lui fait ranger à tort parmi les organes bilatéraux tous les rameaux plus ou moins comprimés. Cette confusion initiale explique pourquoi l'auteur attribue à la compression, au mode d'insertion et à d'autres causes secondaires, une influence prépondérante dans le déterminisme de la dorsiventralité, et pourquoi, sans vérification expérimentale préalable, il met en doute la relation, difficilement contestable dans bien des cas, qui existe entre la symétrie de la structure et la position du rameau dans l'espace.

La question de la dorsiventralité ne constitue qu'un chapitre d'un travail d'ensemble sur l'anatomie comparée des pédicelles floraux et fructifères chez les Dialypétales et les Gamopétales. La nature du fruit influe peu sur la structure de son support. Quand le fruit est petit, l'ovaire évolue rapidement et les variations des tissus du pédoncule sont nulles ou à peu près. Quand les carpelles se développent beaucoup, les appareils mécaniques et conducteurs éprouvent de fortes variations. L'accroissement des fruits lourds détermine une augmentation du stéréome ; cependant l'auteur déclare, contrairement à ce qu'a dit Hégler, que même dans une espèce donnée il n'existe qu'un rapport vague entre le poids du fruit et l'importance du système mécanique. Les pédicelles axillaires et dressés ont une moelle très développée et une écorce réduite (ce que l'auteur nomme tendance centrifuge des faisceaux) ; c'est le contraire pour les pédicelles latéraux inclinés (tendance centripète des faisceaux). Cette tendance centripète s'accentue dans les pédicelles d'ordre élevé, qu'ils soient inclinés ou dressés. L'habitat de la plante influe sur les pédicelles à peu près comme sur les tiges. La structure du pédicelle dépend surtout de la famille à laquelle appartient la plante.

---

(1) Pitard : *Des perturbations de la symétrie axillaire dans les pédicelles floraux* (Proc. verb Soc. Sc. ph. nat. Bordeaux, 1898. — Actes Soc. Linn. Bordeaux, 1898). — *Rech. sur l'anatomie comparée des pédicelles floraux et fructifères* (Actes Soc. Linn. Bordeaux, juin 1899).

(*A suivre*). H. Ricôme.

---

450 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), prép. à la Sorbonne.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, agrégé-préparateur à la Sorbonne.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daguillon, professeur-adjoint à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, docteur ès sciences.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), docteur ès sciences.

Gain, professeur-adjoint à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'Ecole supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences de l'Université de Genève.

Houard, préparateur à la Sorbonne.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur à l'Université de Lausanne.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kövessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Quito.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Masclef, conservateur des collections botaniques de la Sorbonne.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, maître de Conférences à l'Université de Montpellier.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Morkowine, docteur ès sciences, Marbourg.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (Ove), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Museum.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Mars 1907

N° 219

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 MARS 1907

Pages

I. — INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS D'*ACER PSEUDOPLATANUS*, par **M. W. Lubimenko** 97

II. — DE L'INFLUENCE DES NECTAIRES ET DES AUTRES TISSUS CONTENANT DU SUCRE SUR LA DÉHISCENCE DES ANTHÈRES, par **M. W. Burck** . . 104

III. — LES CÉCIDIES DE *RHOPALOMYIA TANACETICOLA* KARSCH., par **M. Aug. Daguillon** 112

IV. — RECHERCHES SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES ET SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE (avec planches et figures dans le texte), par **M. Léon Flot** (*suite*). 116

V. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE, parus de 1897 à 1902 (avec figures dans le texte), par **M. H. Ricôme** (*suite*). 125

Cette livraison renferme huit figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

**DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE**

MÉDAILLE D'OR A l'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
**DES MICROSCOPES
de E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
*Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes
de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés*

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

**Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses Réactifs, Matières colorantes pures. - Verrerie**

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

VIENT DE PARAITRE

COURS DE BOTANIQUE

par MM.

G. BONNIER
Membre de l'Institut
Professeur de Botanique à la Sorbonne

LECLERC DU SABLON
Professeur de Botanique
à l'Université de Toulouse

Fascicule IV (2e partie) Prix : 3 Francs

Ce fascicule, comprenant les Cryptogames vasculaires et les Muscinées, commence le second volume du *Cours de Botanique*.

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Daguillon, A., Rech. morph. s. l. feuilles des Conifères, 1890, 86 p., 4 pl., 46 fig. **3.50**

Dassonville, C., Action des sels minéraux de la forme et la struct. des végétaux, 1898, 187 p., 13 pl . . . . **8 »**

Desfontaines, Flora atlantica, 1798-1800, texte avec 261 pl. en 4 vols, rel **70 »**

Dodonæus, R. Stirpium, hist. pemptades, sex. Antverp. 1616, folio, 872 p. index, nombr. fig. relié . . . . **20 »**

On peut se procurer tous les ouvrages cités dans la *Revue Générale de Botanique*, en s'adressant à la **Librairie J. LECHEVALIER.**

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT
Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (Ve)

Prix : *franco*, broché. . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères, Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR
MICROSCOPES
Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES
MICROTOMES

Appareils de Projection
OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux
Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris
MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

LONDRES
9-15, Oxford Str.

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

CHICAGO
32-38, Clark Street

Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.).

LA REVUE DU MOIS

Paraît régulièrement le 10 de chaque mois depuis le 10 janvier 1906
par livraisons de 128 pages gr. in-8 (25 × 16)
Chaque année forme deux volumes de 750 à 800 pages chacun
Directeur : **Émile BOREL,** Professeur-Adjt à la Sorbonne.

La *Revue du Mois* est une revue *générale*, conçue à un point de vue *scientifique*. Elle traite les questions de sciences pures et appliquées, d'hygiène, de sociologie, d'histoire générale et diplomatique, d'art militaire, de critique littéraire, à un point de vue plus philosophique que technique, de manière à intéresser tout le public instruit désireux d'être tenu sérieusement au courant du mouvement des idées. Une Chronique et des Notes bibliographiques complètent chaque livraison.

Envoi de prospectus détaillés et de spécimens sur demande adressée aux bureaux de la Revue, 2, boulevard Arago, PARIS

Prix de l'Abonnement :

Un an, Paris, **20** francs ; départements, **21** francs ; Union postale, **25** fr.
Six mois — **10** francs ; — **11** francs ; — **12** fr. **50**
Prix de la livraison : **2** fr. **25**

On s'abonne sans frais chez tous les libraires et dans les bureaux de poste
Dépôt général : Librairie H. LE SOUDIER, 174-176, boulevard Saint-Germain, PARIS

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS D'*ACER PSEUDOPLATANUS*

par M. W. LUBIMENKO

Les récentes recherches de M. J. Laurent (1), de MM. Mazé et Perrier (2), de M. Molliard (3) et de M. Lefèvre (4) ont établi d'une manière très nette que les plantes à chlorophylle sont capables d'utiliser un certain nombre de composés organiques qui leur sont artificiellement fournis. Plusieurs de ces auteurs ont déjà fait remarquer que la lumière doit jouer un rôle dans ce phénomène. Ainsi M. Molliard dit à ce propos : « A l'obscurité, l'utilisation des sucres est très faible, et la lumière nous apparaît comme nécessaire à sa réalisation » (5). Et M. Lefèvre, reconnaissant la nécessité de l'éclairement pour l'utilisation des amides par la plante verte, s'exprime ainsi : « Sans lumière, la synthèse opérée par les plantes vertes à l'abri de CO^2, en sol artificiel amidé, est impossible ou, pour le moins, très réduite. Cette synthèse apparaît donc comme une fonction chlorophyllienne » (6).

La première partie de cette conclusion est indiscutable ; mais la seconde me semble demander des recherches spéciales. Il faut remarquer, en effet, que l'auteur a opéré avec des plantes pourvues de chlorophylle en les plaçant tantôt à l'obscurité, tantôt à la lumière diffuse du jour. Pour pouvoir conclure que la synthèse des amides opérée par la plante est une fonction chlorophyllienne il est nécessaire de prouver que les plantes dépourvues de chlorophylle ne sont pas capables de réaliser cette synthèse, même à la lumière. Des expériences n'ont pas encore été faites à cet égard; c'est pourquoi la question du rôle de la chlorophylle dans l'assimilation des matières organiques par la plante verte n'est pas encore résolue.

---

(1) J. Laurent : *Recherches sur la nutrition carbonée des plantes vertes à l'aide de matières organiques* [*Revue Générale de Botanique*, 1903].

(2) Mazé et Perrier : *L'assimilation de quelques substances ternaires par les végétaux à chlorophylle* [Annales de l'Inst. Pasteur. XVIII; 1904, N° 12].

(3) Molliard : *Culture pure des plantes vertes dans une atmosphère confinée, en présence de matières organiques* [Comptes rendus de l'Ac. d. Sc., 14 août 1905].

(4) Lefèvre : *Sur le développement des plantes à chlorophylle à l'abri du gaz carbonique de l'atmosphère dans un sol amidé, à dose non toxique* [Rev. gén. Bot. 1906].

(5) l. c.

(6) l. c.

Les physiologistes précédents, tout en constatant la nécessité de la lumière dans ces phénomènes de nutrition, ne se sont point occupés du mode d'action même de la lumière, ni de l'influence de son intensité. C'est au contraire en me plaçant à ce double point de vue que j'ai fait des recherches sur la germination des embryons de *Pinus Pinea* (1). Des cultures pures de ces embryons ont été effectuées à des intensités lumineuses différentes. En déterminant les poids secs des plantules poussées sur des solutions de différents sucres, j'ai trouvé que l'assimilation du saccharose, du glucose et de l'arabinose dépend très étroitement de l'intensité de la lumière. L'assimilation de ces sucres s'accroît avec l'intensité lumineuse jusqu'à un certain maximum et puis diminue. Cette diminution se produit déjà à une intensité si faible que l'assimilation chlorophyllienne commence à peine à se manifester, de sorte que la plus grande partie du gaz carbonique dégagé par la respiration des plantules reste non utilisée.

Il faut remarquer en tous cas que l'intensité lumineuse à laquelle commence à se produire l'assimilation chlorophyllienne dépend de la concentration de la chlorophylle (2). Une intensité encore trop faible pour les plantules en question, qui ne sont pas riches en chlorophylle, pourrait suffire à provoquer la mise en action de l'appareil chlorophyllien d'une autre plante plus riche en pigment vert.

Le fait le plus important que j'ai constaté par mes expériences, c'est que la plante n'a besoin que d'un éclairement très faible pour effectuer une forte assimilation des sucres et qu'une augmentation ultérieure d'intensité se présente comme défavorable à cette assimilation.

---

(1) W. Lubimenko : *Action directe de la lumière sur la transformation des sucres absorbés par les plantules du* Pinus Pinea [Comptes rendus de l'Ac. des Sc., 8 octobre 1906].

(2) W. Lubimenko : *Sur la sensibilité de l'appareil chlorophyllien,* etc. [Revue gén. Botanique; t. XVII. 1905.]

La nécessité de la lumière pour certaines synthèses organiques dans l'organisation de la plante verte en dehors de l'assimilation chlorophyllienne ne se présente pas, théoriquement, comme un fait inattendu. On sait, en effet, depuis longtemps que la formation de la chlorophylle dans la majorité des plantes vertes ne se produit qu'à la lumière, mais que d'autre part, certaines plantes sont capables de produire ce pigment même dans l'obscurité la plus profonde. Cette contradiction permet de supposer que la lumière provoque, non pas directement la synthèse de chlorophylle même, mais celle d'une autre substance qui donne ensuite naissance au pigment vert. On sait, par exemple, que les pousses des Conifères développées à l'obscurité ne produisent pas de chlorophylle, tandis que les plantes provenant des graines des mêmes espèces verdissent parfaitement à l'abri de la lumière. On peut penser dès lors, qu'à cet égard, la différence entre les bourgeons et les graines consiste en ce que ces dernières contiennent la substance hypothétique qui donne naissance à la chlorophylle. Il est alors intéressant d'étudier la formation de la chlorophylle pendant la maturation des graines appartenant aux plantes dont les embryons sont pourvus de pigment vert. Si la substance hypothétique qui donne naissance à la chlorophylle peut être produite par des parties de la plante éclairées, et de là être transportée dans les graines, il sera possible que la formation de chlorophylle dans les embryons ne demande pas de lumière.

Pour rechercher s'il y a quelque rapport entre cette question et la formation de la chlorophylle dans l'embryon des graines d'*Acer Pseudoplatanus* j'ai entrepris des expériences, l'été dernier, au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

Les anciennes expériences de M. Flahault (1) ont montré que les embryons de cette espèce ne verdissent pas lorsqu'on fait se développer les graines à l'obscurité. Mais comme ce botaniste n'a pas vérifié l'absence de chlorophylle par l'étude spectroscopique d'un extrait alcoolique des embryons, il m'a semblé nécessaire de répéter les expériences en me servant du spectroscope.

---

(1) Flahault. *Sur la présence de la matière verte dans les organes actuellement soustraits à l'influence de la lumière.* (Bull. Soc. Bot. de France, 1879, t. XXVI, p. 249-255).

La technique de ces expériences est la suivante :

Le 12 juin, à une époque où les fleurs ont été fécondées et où les embryons commencent à se développer, un certain nombre d'inflorescences d'*Acer Pseudoplatanus* sont mises dans des sacs faits d'une étoffe noire très dense qui ne laisse passer que très peu de lumière. Un autre lot d'inflorescences est placé dans des sacs doubles de la même étoffe noire, doublée en outre par du papier noir placé à l'intérieur. Les sacs sont fixés, au moyen de ficelles, sur les branches, de manière que les feuilles de ces branches restent dehors et que, seules, les inflorescences soient enfermées. Les jeunes embryons présentent au moment de la mise en expérience une couleur verte très pâle ; les parois et les ailes des fruits ont, au contraire, une couleur vert foncé.

Quatre mois après, le 10 octobre, quand les fruits d'*Acer Pseudoplatanus* commencent à tomber des arbres, les branches munies des sacs sont coupées. Voici les résultats de l'expérience :

Il y avait 12 inflorescences enfermées dans des sacs doubles ; tous leurs fruits se sont desséchés et sont morts. La longueur moyenne des ailes de ces fruits était de 32 millimètres.

Des 32 inflorescences enfermées dans des sacs simples 5 portent des fruits morts et secs ; les 27 autres présentent des fruits mûrs et bien développés. La longueur moyenne des ailes de ces fruits est de 51 millimètres, alors que celle des fruits développés en pleine lumière atteint 52 millimètres. Les ailes des fruits développés dans ces sacs sont sèches et ont le même aspect extérieur que celles des fruits formés dans les conditions ordinaires, mais les parois des fruits sont restées succulentes et présentent la couleur caractéristique des plantes étiolées. L'étude spectroscopique d'un extrait alcoolique de ces parois a révélé la présence de traces de chlorophylle et d'une grande quantité de xantophylle.

Les graines des fruits développés dans des sacs noirs simples ont un aspect tout à fait normal, mais les embryons sont complètement blancs ou très légèrement jaunâtres. En étudiant au spectroscope un extrait alcoolique de ces graines, on constate la présence d'une très petite quantité de xantophylle. J'ai déterminé aussi le poids sec des graines développées d'une part dans des sacs, d'autre part à la lumière.

Voici les résultats :

	Poids frais grammes	Poids sec grammes	Quant. d'eau pour 100 grammes	Quant. de matière sèche pour 100 grammes
50 graines développées dans des sacs..................	6.800	2.655	60.96	39.04
50 graines *ibid*..............	5.750	2.224	61.32	38.68
50 graines développées en pleine lumière..........	6.430	2.585	59.89	40.11
50 graines *ibid*............	5.600	2.169	51.27	38.73

En prenant des valeurs moyennes nous aurons pour les graines développées dans des sacs : quantité d'eau = 61.14 °/₀, de matière sèche 38.86 °/₀. Pour les graines développées en pleine lumière : quantité d'eau = 60.58 °/₀ et de matière sèche 39.42 °/₀. Le poids frais d'une graine développée dans le sac = 0 gr. 1255 et le poids sec = 0 gr. 0488. Le poids frais d'une graine formée en pleine lumière = 0 gr. 1203 et le poids sec = 0 gr. 0475.

Comme on le voit, d'après les nombres ci-joints, les graines développées dans des sacs sont un peu plus lourdes et contiennent relativement un peu plus d'eau et un peu moins de matière sèche, que les graines formées en pleine lumière. En même temps chacune des graines placées dans des sacs possède une quantité de matière sèche absolue plus grande qu'une graine laissée à l'air libre; cette différence est égale à 2.6 °/₀ du poids sec d'une seule graine développée dans un sac.

L'analyse microchimique a établi qu'il n'y a pas une différence sensible dans la nature des matières de réserve entre les graines développées dans des sacs et celles formées à la lumière. La distribution de l'amidon et des substances protéiques ne présente aucune différence appréciable entre les embryons des deux sortes de graines. L'étude anatomique des embryons a montré que la différenciation des tissus est un peu plus avancée dans les embryons appartenant aux graines développées à la lumière. Une assez grande différence a été constatée dans le mode de germination des graines en question. Les graines formées à la lumière ont donné 50 °/₀ de plantules un mois après la mise en germination, tandis que les graines enveloppées dans des sacs n'ont donné au bout du même temps, que 10 °/₀ de plantules ; la plupart des graines de cette dernière sorte n'ont commencé à germer que trois mois après le début de l'expérience. Les plantules provenant de ces deux lots de graines n'ont présenté entre elles aucune différence appréciable.

Il ressort ainsi de mon expérience que les fruits d'*Acer Pseudoplatanus*, mis au début de leur formation à l'obscurité complète, ne sont pas capables de continuer leur développement et finissent par mourir. Mais il suffit d'un éclairement très faible pour obtenir le développement aussi fort qu'en pleine lumière. Dans ce cas, comme nous venons de le voir, les graines sont dépourvues de chlorophylle ; par conséquent, l'intervention de la lumière est indispensable pour la formation de la chlorophylle, aussi bien dans le développement des fruits de Sycomore que dans l'ensemble des autres cas connus.

Comme le développement d'un fruit se produit presque exclusivement aux dépens des matières organiques provenant des parties végétatives de la plante, nous avons dans ce développement un cas qui ressemble beaucoup à la culture artificielle d'une plante verte dans un milieu organique avec suppression de l'assimilation chlorophyllienne. On constate dans les deux cas la nécessité de la lumière pour l'utilisation des matières organiques. On peut alors conclure avec beaucoup de sûreté, que nous avons, dans les deux cas, des phénomènes du même ordre. Les expériences avec des embryons du *Pinus Pinea* ont démontré que pour l'assimilation des sucres, la plante n'a besoin que d'une très faible quantité de lumière ; on constate le même fait pour des fruits d'*Acer Pseudoplatanus* au point de vue de l'intensité lumineuse.

Comme nous l'avons vu plus haut, la nécessité de la lumière pour l'assimilation des matières organiques a conduit M. Lefèvre à la conclusion que nous avons ici affaire à une nouvelle fonction chlorophyllienne. Or, l'expérience avec les fruits en question montre nettement que l'assimilation des matières organiques ne demande pas la présence de chlorophylle. L'intensité lumineuse à laquelle les fruits de Sycomore se développent est si faible que la formation de pigment vert est complètement supprimée.

Le fait que l'assimilation des substances organiques ne demande qu'une très faible intensité lumineuse et se produit sans chlorophylle ou autre pigment, est très important au point de vue théorique. Ce fait conduit à supposer que la lumière est nécessaire non pas pour les transformations chimiques des matières organiques, qui servent à la nutrition de la plante, mais bien pour la production des diastases à l'activité desquelles sont dues ces transformations.

Cette idée est appuyée par les données des auteurs cités d'après lesquelles l'assimilation des substances organiques est « très faible » à l'obscurité. Or, si la lumière est nécessaire comme la source de l'énergie pour l'assimilation de ces substances, cette assimilation doit cesser complètement à l'obscurité, comme cesse l'assimilation chlorophyllienne. Au contraire, en supposant que la lumière soit nécessaire à la production des enzymes, la faible assimilation des sucres à l'obscurité peut être expliquée par la présence d'une faible quantité des enzymes dans la plante avant la mise de cette dernière à l'obscurité.

En résumé, on peut tirer des recherches qui viennent d'être exposées les conclusions suivantes :

1° *Les fruits* d'Acer Pseudoplatanus *demandent pour leur développement un certain éclairement.* Cette condition indispensable est une nécessité du même ordre pour le développement des fruits que pour l'assimilation des substances organiques par la plante verte.

2° *Il suffit d'une intensité lumineuse très faible pour obtenir des fruits ne différant des fruits normaux que par l'absence de chlorophylle dans les embryons et de la germination plus tardive.*

3° *Cette faible exigence de lumière, suffisante pour le développement des fruits, ainsi que l'absence complète de chlorophylle dans ces fruits semble prouver que la lumière joue dans l'assimilation des substances organiques un autre rôle que dans l'assimilation chlorophyllienne.* Il est probable que la lumière est nécessaire pour la production des enzymes à l'activité desquelles sont dues les transformations chimiques des matières organiques dans l'organisme de la plante.

DE L'INFLUENCE DES NECTAIRES ET DES AUTRES TISSUS CONTENANT DU SUCRE SUR LA DÉHISCENCE DES ANTHÈRES

par **M. W. BURCK**

L'ouverture des anthères est précédée par une perte d'eau très considérable (1); de plus, dans les fleurs de beaucoup de plantes, *Composées*, *Papilionacées*, *Lobéliacées*, *Antirrhinées*, *Rhinantacées*, *Fumariacées* et d'autres plantes encore, chasmogames aussi bien que cleistogames, qui se fertilisent dans le bouton, cette ouverture a lieu dans une fleur fermée, et conséquemment ne peut être causée par la transpiration dans l'air. Ce fait a donné lieu à la question de savoir si peut-être les nectaires, ou d'autres tissus contenant du sucre dans la fleur mais qui ne sécrétent pas de nectar extérieurement, ont de l'influence sur la résorption de l'eau dans les anthères. J'ai supposé aussi que parmi les plantes dont les anthères s'ouvrent seulement après l'ouverture de la fleur, on en trouverait chez lesquelles ce processus est indépendant de la condition hygrométrique de l'air ; la justesse de cette hypothèse a été démontrée.

Si les fleurs sont placées sous une cloche de verre, dont l'air intérieur est saturé de vapeur d'eau, les anthères de nombreuses plantes s'ouvrent à peu près au même moment que celles des fleurs placées hors de l'espace humide, en plein air.

---

(1) Cette perte d'eau s'élève, dans la *Fritillaria imperialis* à 90 0/0 du poids des anthères, dans l'*Ornithogalum umbellatum* à 86 0/0, dans le *Diervilla floribunda* à 89 0/0, dans l'*Æsculus Hippocastanum* à 88 0/0, dans le *Pirus japonica* à 80 0/0, dans diverses tulipes cultivées, de 59 à 68 0/0, etc. Pour les plantes dont les anthères s'ouvrent dans la fleur, la perte est moindre : les anthères et le pollen restent alors humides. Dans l'*Œnothera Lamarckiana* la perte s'élève à 41 0/0, dans le *Canna hybrida* (*grandiflora*) à 56 0/0, dans le *Lathyrus latifolius* à 24 0/0.

Ceci m'a conduit à établir quelques expériences, qui m'ont donné les résultats suivants :

I. — Si dans une fleur de *Diervilla* (*Weigelia*) *rosea* ou *floribunda*, qui est en train de s'ouvrir, une des étamines est serrée par des pinces, de façon à arrêter la circulation de l'eau le long de l'étamine ; les quatre anthères dont les étamines sont restées intactes, s'épanouissent, mais la cinquième demeure close. Avec cette plante, il n'est pas nécessaire de placer la fleur dans un lieu humide : le résultat est obtenu dans tous les cas si la fleur reste attachée à la plante.

Si la fleur est placée dans un endroit humide conjointement avec les anthères détachées d'une autre fleur, celles qui sont attachées à la fleur s'ouvrent, mais celles qui sont détachées ne s'ouvrent pas. Si la corolle seule, avec les étamines qui y sont attachées, est placée dans de l'air humide, les anthères s'ouvrent aussi bien que celles de la fleur complète.

En conséquence, le nectar, qu'on trouve au milieu de la fleur à côté de l'ovaire, n'exerce aucune influence directe sur la déhiscence des anthères. Si une étamine conservée dans toute sa longueur est placée dans l'air humide avec quelques anthères détachées, les anthères de l'étamine s'ouvrent pendant que les anthères détachées restent closes.

Nous déduisons de ces expériences que les anthères s'ouvrent sous l'influence de l'étamine, qu'elle soit reliée ou non à la corolle. Et si nous faisons un essai avec la liqueur de Fehling, nous voyons que l'étamine, aussi bien que la corolle entière et même les lambeaux de corolle, montrent la réaction bien connue, indiquant le glucose.

Chez le *Digitalis purpurea*, deux des anthères d'une fleur dans la chambre humide ont été séparées de la corolle par une incision. Les anthères non détachées se sont ouvertes, mais les deux autres sont restées closes. Une étamine préparée, libre sur toute sa longueur, fait ouvrir son anthère dans la chambre humide, tandis que les anthères détachées restent closes.

Un essai avec la liqueur de Fehling montra que là aussi la corolle contient du glucose partout, mais particulièrement en grande quantité là où les étamines se trouvent réunies à la corolle. Les étamines aussi sont particulièrement riches en sucre sur toute leur longueur.

Chez l'*Œnothera Lamarckiana*, dont les anthères s'ouvraient déjà dans le bouton, un bouton à fleur fut privé de sépales et de pétales. Une des étamines fut retirée de la fleur dans toute sa longueur ; chez une autre étamine, l'anthère seulement fut retirée ; puis, fleur, étamine et anthère furent placées ensemble dans la chambre humide. Les anthères des étamines qui étaient restées, reliées au tube du calice et celles de l'étamine détachée, s'ouvrirent ; mais l'anthère détachée resta close. L'examen à la liqueur de Fehling donna le même résultat que ci-dessus, avec le *Digitalis*.

Des expériences similaires furent faites avec les fleurs de : *Antirrhinum majus*, *Lamium album*, *Glechoma hederacea*, *Salvia argentea*, *Nicotiana affinis* et *silvestris*, *Symphytum officinale*, et ont toutes donné les mêmes résultats, tandis que avec les fleurs des *Ajuga reptans*, *Stachys silvestris*, *Scrofularia nodosa*, *Cynoglossum officinale*, *Anchusa officinalis*, *Echium vulgare*, *Calceolaria pinnata*, *Hibiscus esculentus*, *Anoda lavateroides*, *Malva vulgaris*, *Torenia asiatica*, *Corydallis lutea*, *Colchicum autumnale*, *Lysimachia vulgaris*, *Atropa Belladona*, et *Rhinanthus major*, les expériences se bornèrent à montrer que, chez toutes, les anthères s'ouvrent dans un espace saturé de vapeur d'eau. Chez toutes ces plantes, la corolle et les étamines réagissent très fortement avec la liqueur de Fehling.

Ces expériences montrent que l'eau est retirée des anthères par une action osmotique, ayant son origine dans le tissu contenant le glucose.

Je fais remarquer ici que la présence du glucose, en tant que nous pouvons en juger d'après le précipité d'oxyde de cuivre après le traitement avec la solution de Fehling, dans d'autres parties de la fleur que les nectaires propres et spécialement dans la corolle, est un phénomène *très commun* (sur lequel j'espère revenir plus tard), et qu'il n'est pas limité à ces fleurs dans lesquelles les étamines et la corolle se sont unies.

Il est plutôt question ici d'une différence quantitative, que d'une propriété spéciale particulière à ces fleurs.

II. — Chez le *Stellaria media*, les étamines épipétales sont, pour la plupart, avortées, tandis que des épisépales trois seulement sont restées, en règle générale. Ces trois étamines portent à la base, à l'extérieur, une glande sécrétant du nectar.

Si une fleur est placée dans la chambre humide et qu'une des étamines soit serrée par les pinces, les anthères des étamines non serrées s'ouvriront bientôt, mais l'étamine serrée restera close. En outre, quand les anthères détachées de la plante sont placées dans la chambre humide, avec une plante intacte, les anthères détachées restent closes, tandis que les anthères de la fleur s'ouvrent. Les pétales, aussi bien que les étamines, précipitent de l'oxyde de cuivre avec la solution de Fehling ; le tissu de la base des sépales réagit aussi à son contact. Mais la déhiscence des anthères n'a pas de rapport avec la présence du glucose dans les pétales, car si l'on retire les pétales, cela n'a aucune influence sur le résultat de l'expérience ci-dessus mentionnée.

L'expérience indique donc que l'eau est retirée des anthères par l'action osmotique procédant du nectaire.

Il faut remarquer à ce sujet que les nectaires du verticille épipétale ainsi que ceux des étamines manquantes du verticille épisépale, sont avortés comme les étamines. Les mêmes faits s'observent dans les *Cerastium semidecandrum*, *C. erectum*, et *Holosteum umbellatum* ; là aussi, il est de règle que les nectaires des étamines manquantes aient disparu.

Chez les *Papilionacées*, dont j'ai examiné *Lupinus grandifolius*, *Lathyrus odoratus*, *Lathyrus latifolius*, et *Vicia Faba*, on sait que les anthères s'ouvrent déjà dans la fleur fermée. Les pétales précipitent de l'oxyde de cuivre avec la solution de Fehling, mais n'exercent aucune influence sur l'ouverture des anthères. Les boutons floraux de *Lathyrus latifolius* et *Lathyrus odoratus* furent privés de leurs pétales et placés dans la chambre humide, concurremment avec des anthères détachées. Les anthères détachées demeurèrent fermées, mais les autres s'ouvrirent.

Les fleurs ci-dessous se comportent, en ce qui concerne l'ouverture des anthères, dans un espace saturé de vapeur d'eau, de la même manière que les fleurs de *Stellaria media* et que celles des *Papilionacées* précédentes :

Stellaria Holostea, *St. graminea*, *Cerastium Biebersteinii*, *C. arvense*, *Cochlearia danica*, *Sisymbrium Alliaria*, *Crambe hispanica*, *Bunias orientalis*, *Capsella Bursa-pastoris*, *Hesperis violacea*. *H. matronalis*, *Thlaspi arvense*, *Alyssum maritimum*, et encore *Lychnis diurna*, *Silene inflata*, *Galium Mollugo*, *Asperula ciliata*, *Campanula media*, *C. latifolia*.

Chez toutes ces plantes la déhiscence des anthères doit, dans mon opinion, être attribuée à l'influence des nectaires.

Chez l'*Hesperis* deux grands nectaires se voient sur le côté intérieur de la base des deux courtes étamines et entre celles-ci et les quatre longues étamines. Si une fleur d'*Hesperis violacea* ou d'*H. matronalis*, après avoir été privée de ses pétales et sépales, est placée dans la chambre humide, presque toujours les quatre longues étamines seules s'ouvrent : les deux autres restent closes.

Il a été remarqué fréquemment que la sécrétion du nectar commence dès que les étamines s'ouvrent.

En rapport avec ce qui a été établi plus haut, nous serions tentés de déduire de ce fait que le courant d'eau de l'anthère détermine la sécrétion du nectar.

Si, cependant, chez le *Stellaria media*, les anthères sont retirées avant d'avoir déchargé leur eau vers les nectaires, on trouve quand même les nectaires amplement pourvus de nectar, quand la fleur s'ouvre. La même chose peut être observée dans les fleurs mâles de l'*Æsculus Hippocastanum*. Dans les boutons floraux presque fermés, on ne voit pas encore de nectar ; mais quand la fleur commence à s'ouvrir, de petites gouttes de liquide apparaissent à la surface du nectaire, avant même que les anthères sortent à moitié du bouton. Ces gouttelettes augmentent de taille à mesure que les anthères approchent du moment où elles s'ouvrent.

En les pesant, on peut remarquer que les anthères ont déjà perdu une partie de leur poids originaire, quand les premières gouttelettes de nectar apparaissent à la surface du nectaire. De cette circonstance, on pourrait conclure que l'eau des anthères sort sous forme de nectar. Pourtant, lorsqu'on retire les anthères de très jeunes boutons dont le nectaire n'est pas encore humide, on y retrouve, à un stade plus avancé du développement du bouton, la sécrétion du nectar comme dans les boutons qui ont conservé leurs anthères.

Chez le *Fritillaria imperialis*, j'ai trouvé le même résultat ; mais en ce cas la sécrétion de nectar n'était pas si abondante que dans les boutons dont les anthères n'avaient pas été retirées.

A mon avis, ces observations indiquent que le sucre, emmagasiné dans les nectaires ou les autres tissus contenant du sucre dans la fleur, au moment où il commence à exercer son action osmotique, attire l'eau non seulement des anthères, mais aussi des autres parties avoisinantes.

III. — Chez les plantes suivantes, les anthères restèrent closes dans un espace saturé de vapeur d'eau. En tant que possédant des nectaires, ces derniers paraissent n'exercer aucune influence sur la déhiscence des anthères :

Ranunculus acris, *R. bulbosus*, *Aquilegia vulgaris*, *Clematis Vitalba*, *Chelidonium majus*, *Brassica oleracea*, *Geranium molle*, *G. Robertianum*, *G. macrorhizum*, *Geum urbanum*, *Rubus cæsius*, *Philadelphus coronarius*, *Heracleum Sphondylium*, *H. lanatum*, *Ægopodium Podagraria*, *Carum Carvi*, *Pimpinella magna*, *Valeriana officinalis*, *Ligustrum vulgare*, *Maianthemum bifolium*, *Iris Pseudacorus*.

Il est remarquable que le *Brassica oleracea*, forme une exception à ce qui est généralement observé chez les Crucifères : la position des étamines par rapport aux nectaires qui sécrètent le miel en abondance, nous ferait supposer que dans une chambre humide ils se comporteraient comme les autres, et cependant il n'en est rien. On peut appliquer la même remarque aux espèces diverses du genre *Geranium*.

La sécrétion du nectar dans la fleur a attiré l'attention de divers chercheurs, longtemps avant que Sprengel ait publié ses vues sur ce sujet. Et depuis Sprengel, dans la première moitié du siècle dernier, ce sujet a bien des fois été l'objet de recherches. Toutes ces recherches s'accordaient à conclure que, outre la signification donnée à la sécrétion du miel pour la fertilisation des fleurs par l'intermédiaire des insectes, sur laquelle Sprengel avait attiré l'attention, les tissus contenant du sucre et le liquide sécrété étaient encore sous d'autres rapports utiles à la plante.

Après que Darwin eut, en 1859, rappelé et fait revivre les observations de Sprengel sur la signification biologique des diverses propriétés de la fleur, lesquelles observations tombaient de plus en plus dans l'oubli, après qu'il eut accepté leurs conséquences en les reliant d'un côté à ses conceptions sur la nécessité de la fécondation croisée pour le maintien de l'énergie vitale des espèces, et d'un autre côté à la théorie de la sélection naturelle, les recherches sur toute autre utilité des nectaires pour la plante furent pour un long temps entièrement abandonnées.

En 1878 seulement, ce sujet fut abordé de nouveau par Bonnier (1) dans son volumineux Mémoire sur les nectaires, dans lequel le côté anatomique aussi bien que physiologique du problème étaient soumis à de très vastes recherches. Cet auteur a prouvé que les tissus contenant du sucre dans la fleur et particulièrement dans le voisinage immédiat de l'ovaire, ne se trouvent pas seulement chez les plantes qui sécrètent régulièrement du nectar durant la floraison, mais aussi chez celles qui, dans des conditions normales, ne sécrètent jamais ce liquide. Chez ces plantes qui dans la littérature de la biologie florale sont appelées *fleurs à pollen*, parce que les insectes n'y trouvent pas de nectar, il trouva tout autant de tissus contenant du sucre que dans ces soi-disant *fleurs à insectes*. Même chez les plantes anémophiles il trouva des "*nectaires sans nectar*" par exemple chez *Avena sativa*, *Triticum sativum* et *Hordeum murinum*. Il put forcer à la sécrétion du nectar un certain nombre de plantes qui dans les conditions ordinaires de la vie n'en contiennent pas — en les plaçant dans des conditions favorables sous ce rapport.

A la fin de son Mémoire, Bonnier nous rappelle qu'une accumulation de matériaux de réserve, toutes les fois où il y a un arrêt temporaire dans le développement, peut être considérée comme un phénomène très général et fréquemment observé. Quand une plante s'arrête dans son développement futur à la période de croissance, elle a emmagasiné des matériaux de réserve dans ses parties souterraines, et quand la graine a terminé son développement, elle a accumulé des substances nutritives dans l'albumen ou les cotylédons de l'embryon ; les matériaux de réserve, transformés en matières assimilables, servent alors à la nutrition première des parties nouvellement formées.

Il arrive alors à la conclusion que, dans le voisinage de l'ovaire, le saccharose est emmagasiné et que cette substance de réserve, après la fertilisation et à mesure que le fruit se développe, passe en partie ou entièrement dans le tissu du fruit et dans la graine, après avoir d'abord été changée, sous l'influence d'un ferment soluble, en matières assimilables.

---

(1) Gaston Bonnier. Les Nectaires. Etude critique anatomique et physiologique. Annales des sciences naturelles, Tome VIII, 1878.

Des recherches m'ont montré aussi que l'accumulation de saccharose comme substance de réserve dans la fleur est un phénomène très commun (1).

Mais outre la fonction découverte par Bonnier et la signification de la sécrétion du nectar pour la fertilisation, il est devenu clair à mes yeux que le glucose formé par le saccharose, aussi bien que le nectar sécrété extérieurement, sont aussi sous d'autres rapports de grande importance pour la plante. Les observations ici présentées, démontrent déjà une fonction très importante : *permettre aux étamines d'amener leur pollen à la surface en temps voulu, sans tenir compte de l'état hygroscopique de l'air.*

J'espère sous peu pouvoir signaler encore une autre fonction.

La sécrétion du nectar apparaît maintenant sous un jour nouveau. La considération d'après laquelle c'était une excrétion d' « *un vaste produit de changements chimiques dans la sève* (2) », devenu dans le cours du temps plus marqué par la sélection naturelle, en tant qu'utile adaptation pour produire la fertilisation croisée, puisque ce liquide était avidement butiné par les insectes — cette considération doit céder la place à la conception d'après laquelle, précédant toute adaptation, il a dans son développement progressif marché de front avec celui des organes sexuels.

(*Communiqué le 19 septembre 1906 à l'Académie des Sciences d'Amsterdam.*)

---

(1) Voir aussi sur ce sujet, *Paul Kunth* : Ueber den Nachweis von Nektarien auf chemischem Wege. Bot. Centrabl. LXXVI. Band, 1898, p. 76 et *Rob. Stäger*, chemischer Nachweis von Nektarien bei Pollen blumen und Anemophilen, Beihefte zum Bot. Centralb. Band XII, 1901, p. 34.

(2) CH. DARWIN. — Origine des espèces. 6ᵉ édition 1872. Chap. IV, p. 73 et les Effets de la fertilisation croisée et propre. Edition 1876. Ch. X, p. 402.

LES CÉCIDIES

DE *RHOPALOMYIA TANACETICOLA* KARSCH.

par M. Aug. DAGUILLON.

J'ai publié dans la *Revue générale de Botanique* (tome XVII, 1905, p. 241) quelques observations anatomiques relatives aux cécidies que produit sur *Achillea Millefolium* L. la piqûre de *Rhopalomyia Millefolii* H. Lw.

A quelque temps de là, M. Copineau, ayant eu l'occasion de lire un compte-rendu de mon travail, me faisait l'honneur de m'écrire que cette lecture lui rappelait de la façon la plus exacte des formations analogues qu'il avait remarquées chaque année, depuis deux ou trois ans, dans son jardin, à Doullens (Somme), sur un pied de *Tanacetum vulgare* L., var. *crispum* ; il m'offrait en même temps d'observer la plante cette année et de m'adresser — le cas échéant — les cécidies qui s'y développeraient.

J'ai reçu, au début du mois d'octobre dernier, l'envoi de M. Copineau. La vue de ses échantillons ne laissait aucun doute sur leur nature : c'étaient bien encore des cécidies, produites par la piqûre d'une Rhopalomyie, *Rhopalomyia tanaceticola* Karsch. Grâce à l'extrême obligeance de mon correspondant, que je tiens à remercier vivement ici, j'ai donc pu faire de ces cécidies une étude semblable à celle que j'avais faite antérieurement des cécidies de *Rhopalomyia Millefolii.*

Les plus nombreuses et les plus grosses étaient situées à l'aisselle des feuilles caulinaires, et prenaient ainsi la valeur morphologique de bourgeons. De la taille d'un pois environ, par conséquent de dimensions un peu plus grandes que les cécidies de *Rhopalomyia Millefolii*, elles étaient en général, autant qu'il m'a semblé, de forme un peu plus courte. Les échantillons, complètement développés, que m'a procurés M. Copineau, étaient encore d'un vert très franc; mais il se rappelle, d'une façon très précise, que, les années précédentes, il avait vu leur teinte évoluer, en passant par le rouge carmin, jusqu'au pourpre violacé noir. L'extrémité distale de la cécidie mûre est découpée en lobes recourbés vers l'extérieur et couverts de poils blanchâtres sur leur face interne ; entre eux, s'ouvre un étroit canal qui donne accès dans une cavité interne, abritant le cécidozoaire. Fréquemment des cécidies voisines, nées à l'aisselle d'une même feuille, sont coalescentes en une masse de forme irrégulière où les orifices des diverses chambres larvaires peuvent se confondre en un seul. — D'après le témoignage de M. Copineau, ces cécidies ne se rencontraient guère qu'à un pied au moins du sol, et non au ras de terre, comme je l'avais observé pour les cécidies de *Rh. Millefolii*; il est vrai que, s'il s'en souvient bien, les tiges étaient mal ou pas du tout garnies de feuilles vers la base. — Cette forme de cécidies figure, sous le n° 3719, au *Catalogue systématique des zoocécidies de l'Europe et du Bassin méditerranéen*, de Darboux et Houard, Paris, 1901.

D'autres cécidies, moins nombreuses, sensiblement plus petites (à peu près de la grosseur d'un fort grain de blé), et de forme en général notablement plus allongée, s'étaient développées soit sur la face supérieure, soit sur le contour même de quelques lobes de feuilles. Ces petites galles épiphylles n'avaient pas échappé à l'attention de l'observateur exercé qu'est M. Copineau ; mais il n'en avait pas remarqué de semblables les années précédentes. Constituées sur le même type que les cécidies axillaires, elles répondent au n° 3721 du Catalogue de Darboux et Houard.

M. Copineau a été surpris du petit nombre de galles qu'il a pu trouver cette année, bien que sa touffe de Tanaisie se soit plutôt étendue que restreinte ; l'an dernier, il y en avait davantage ; et, autant qu'il s'en souvient, précédemment plus encore. Cette touffe a donné, cette année, très peu de fleurs, et très tardivement ; d'une manière générale, sa floraison était pauvre les années précédentes. La plante recevait cependant le soleil depuis huit heures du matin ; il est vrai que des lilas voisins, qui se sont fortement développés, l'abritent, à une distance de 1 m. à 1 m. 50 au-dessus d'elle, de manière à la soustraire à l'éclairement solaire à partir de deux heures après-midi. Mais ne faut-il pas plutôt voir dans cette diminution de la floraison un phénomène de l'ordre de la castration parasitaire, dû à l'influence exercée par le cécidozoaire ?

J'ai peu de choses à dire de la structure histologique des cécidies de *Rh. tanacetifolia*: qu'il s'agisse des grosses cécidies axillaires ou des petites pleurocécidies foliaires, cette structure rappelle en somme, presque trait pour trait, celle que j'ai décrite dans les cécidies de *Rh. Millefolii.*

Ici encore l'épiderme de la cécidie se rapproche de celui de la tige par la forme à peu près polygonale du contour de ses cellules, tandis que cette forme est plus ou moins sinueuse dans l'épiderme de la feuille; mais il se distingue de l'épiderme de la tige, aussi bien que de celui de la feuille, par la grande largeur de ses éléments : c'est ainsi que les dimensions des cellules épidermiques de la cécidie peuvent être de 90 μ de long sur 45 μ de large, ou même de 80 μ sur 65, alors qu'elles sont de 100 μ sur 25 et de 52 μ sur 25 dans la tige et dans les feuilles correspondantes. L'épiderme de la cécidie montre de nombreux débris de poils pluricellulaires unisériés, réduits à leurs cellules basilaires, de tout point semblables à ceux qu'on observe sur la tige et sur la feuille; on y distingue aussi quelques stomates : je n'avais pu trouver trace de la première de ces deux formations sur l'épiderme des cécidies de *Rh. Millefolii.*

Sous l'épiderme, le parenchyme de la cécidie revêt un aspect lacuneux et lâche qui provoque fréquemment une déchirure des coupes transversales et facilite l'arrachage de lambeaux épidermiques avec quelques assises de cellules sous-jacentes.

Vers le milieu de son épaisseur, la paroi de la chambre gallaire comprend une zone qu'on peut qualifier de vasculaire, parce qu'elle renferme un ou plusieurs rangs de faisceaux libéro-ligneux à structure dégradée et entièrement dépourvus de formations secondaires. C'est aussi dans cette région qu'on peut reconnaître la présence de nombreux canaux sécréteurs; leur disposition n'offre pas une grande régularité; toutefois on observe fréquemment un canal sécréteur à peu près superposé à la pointe interne d'un faisceau libéro-ligneux : le fait vaut peut-être la peine d'être signalé, puisqu'on sait (1) que dans le genre *Tanacetum*, pas plus que dans le genre *Achillea*, la structure normale de la tige ne comporte cette disposition, les canaux sécréteurs de la tige s'y trouvant exclusivement dans la zone interne de l'écorce, contre l'endoderme, un de chaque côté de chacun des faisceaux libéro-ligneux.

---

(1) Van Tieghem, Recherches sur les canaux sécréteurs des plantes.

Les faisceaux libéro-ligneux forment, ici encore, une sorte de corbeille vasculaire provenant d'un cordon unique, détaché du systeme libéro-ligneux de la tige. Le fond de cette corbeille est occupé par un parenchyme à petites cellules isodiamétriques ; celui-ci est en contact avec un massif de sclérenchyme qui se prolonge autour de la chambre gallaire par une sorte de cupule résistante, à éléments sclérenchymateux vers le fond, simplement collenchymateux vers le sommet.

La cavité de la chambre gallaire renferme les restes d'un tissu nourricier, dont les éléments s'allongent parallèlement aux parties latérales de cette cavité ; au niveau de l'ouverture, les cellules superficielles de ce tissu se prolongent en poils du type de ceux de la tige et de la feuille.

La ponctuation des membranes est encore un caractère commun à la plupart des tissus de la cécidie et particulièrement marqué dans les tissus à membranes épaissies et lignifiées.

RECHERCHES
SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES
ET
SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE

par M. Léon FLOT (*Suite*).

Point végétatif

Considérons d'ailleurs un point végétatif en activité (fig. 2, pl. 7). C'est celui que représentait, à un faible grossissement, la figure 119. Au sommet sont les initiales *ié*, pour le méristème épidermique, *ic*, pour le méristème cortical et *iv* pour le méristème vasculaire.

L'assise corticale est partout simple, sauf en une cellule. En *vd*, la troisième et la quatrième assise commencent à se dédoubler tangentiellement pour former la nervure médiane de la première feuille : ces dédoublements s'étendent de *vd* en *vd'* et se dirigent vers le faisceau médian de la feuille *m3* que l'on voit à droite et en bas de la figure. En *vl*, on voit quelques cloisonnements d'où proviendront les faisceaux latéraux de la gaine ; enfin en *m* apparaissent les premières cellules médullaires, qui n'ont pas d'initiales propres.

L'aisselle de la feuille *F3* est indiquée en haut et à droite : au-dessous se trouve en *ba*, le bourgeon axillaire dont nous allons étudier la structure ; mais auparavant, il nous faut remarquer le parallélisme des cloisons tangentielles qui divisent les cellules du méristème vasculaire entre *vd* et *vd'* ; ce parallélisme s'étend aux cellules de la région *ba*, et il marque une discordance frappante entre les cellules du méristème cortical et celles du méristème vasculaire situés au-dessous. Nous pouvons donc en conclure que les cellules *x* (fig. 118, 120 et 121), situées entre le faisceau médian et le bourgeon axillaire, appartiennent au méristème vasculaire.

Bourgeon. — Sur tout le pourtour de l'angle axillaire, nous suivons le méristème épidermique *é* et le méristème cortical *c*, formés chacun d'une seule assise. Au-dessous, sont les cloisonnements tangentiels *t* de la région *ba* (fig 2, pl. 7). Ils circonscrivent un îlot de cellules *ba* provenant du dédoublement de la troisième et de la quatrième assise initiales. De cet îlot proviendra le bourgeon axillaire ; on voit en *m3* quelques-uns des éléments du faisceau médian de la troisième feuille, avec lequel se fera le raccordement vasculaire.

Ainsi l'épiderme, l'écorce et le méristème vasculaire des deux segments foliaires *m1* et *m3* sont en parfaite continuité, et cette continuité s'étend aux régions correspondantes du bourgeon axillaire.

ARISTOLOCHIA CLEMATITIS (Aristoloche Clématite).

L'*Aristolochia Clematitis*, de même que l'*Aristolochia Sipho*, présente dans la structure primordiale de sa tige une grande analogie avec celle des Viciées, analogie qui est due à une intrication des traces foliaires.

Sans entrer dans tous les détails anatomiques que présente l'observation des premières coupes, nous étudierons le passage des faisceaux d'un nœud à l'autre : cette étude suffira à établir quelques rapprochements intéressants entre les deux structures.

Première coupe (fig. 121). — La coupe figurée la première est prise à la base de l'un des plus jeunes entre-nœuds. Elle montre neuf faisceaux, groupés en un ovale dont la partie la plus étroite correspond aux faisceaux *1*, *1'*, qui proviennent tous deux du faisceau médian de la feuille supérieure.

Deuxième coupe (fig. 122). – L'insertion foliaire commence. La base foliaire comprend cinq faisceaux : un médian (*1 f*) dont la pointe commence à se bifurquer ; deux latéraux (*2f*, *2'f*) et deux marginaux (*3f*, *3'f*) dont le trajet est presque horizontal à ce niveau.

Entre ces derniers sont groupés sur deux rangs (*ba*, *ba'*) les faisceaux des bourgeons axillaires qui, un peu plus haut, formaient un cercle.

Le faisceau *5*, opposé aux deux faisceaux *1* et *1'* (fig. 122), se bifurque en deux demi-faisceaux qui vont rejoindre les faisceaux *4*, *4'* (fig. 123).

Les dimensions de la tige se sont augmentées et les faisceaux ont modifié leur forme, notamment *1* et *1'*.

Troisième coupe (fig. 123). — La soudure foliaire est plus avancée. Le faisceau médian du pétiole se bifurque et s'unit, d'abord par sa pointe ligneuse, aux deux latéraux *2f* et *2'f*. Les foliaires marginaux *3f* et *3'f* sont plus rapprochés de l'ensemble des faisceaux de la tige.

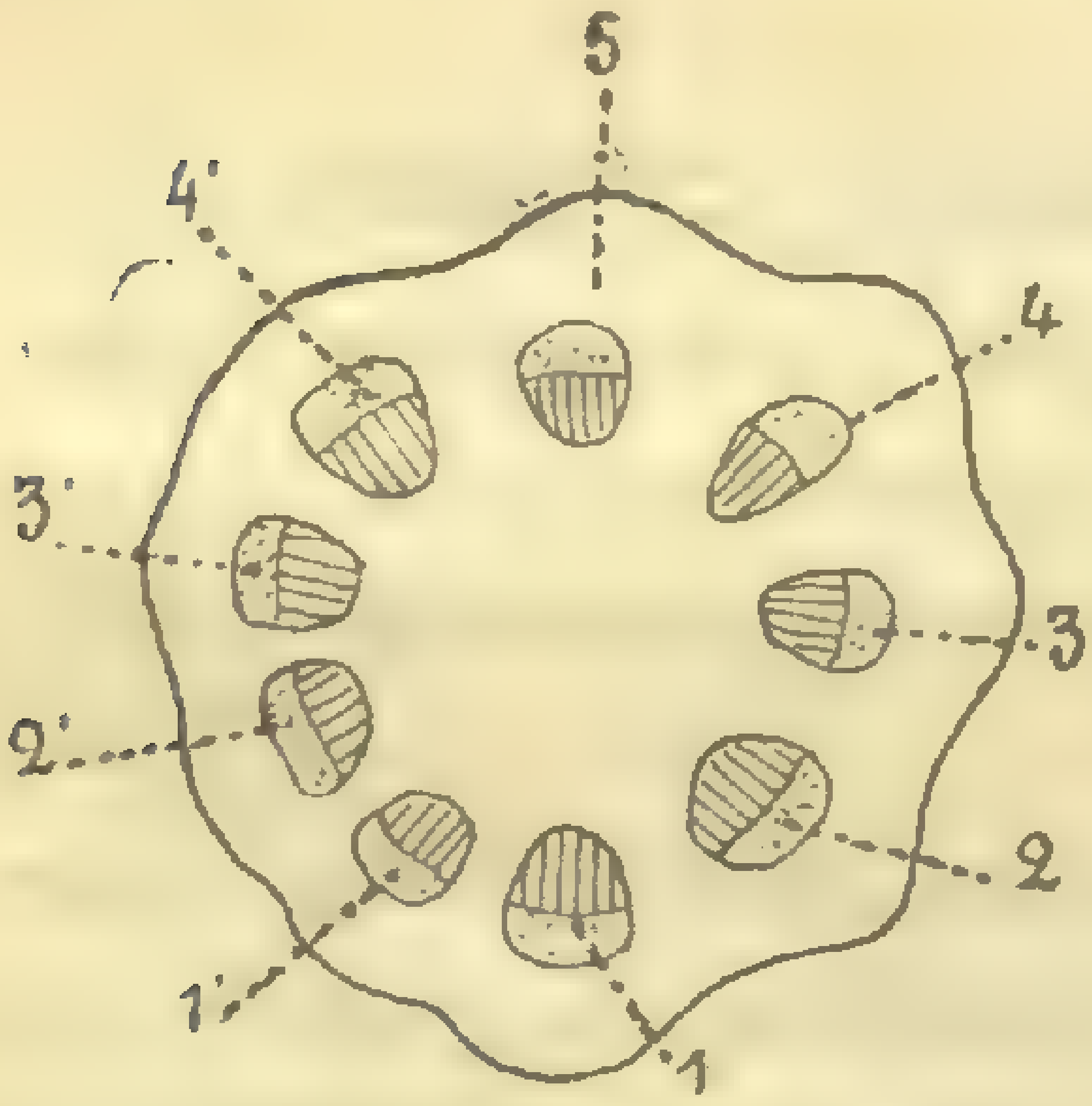


Fig. 121.

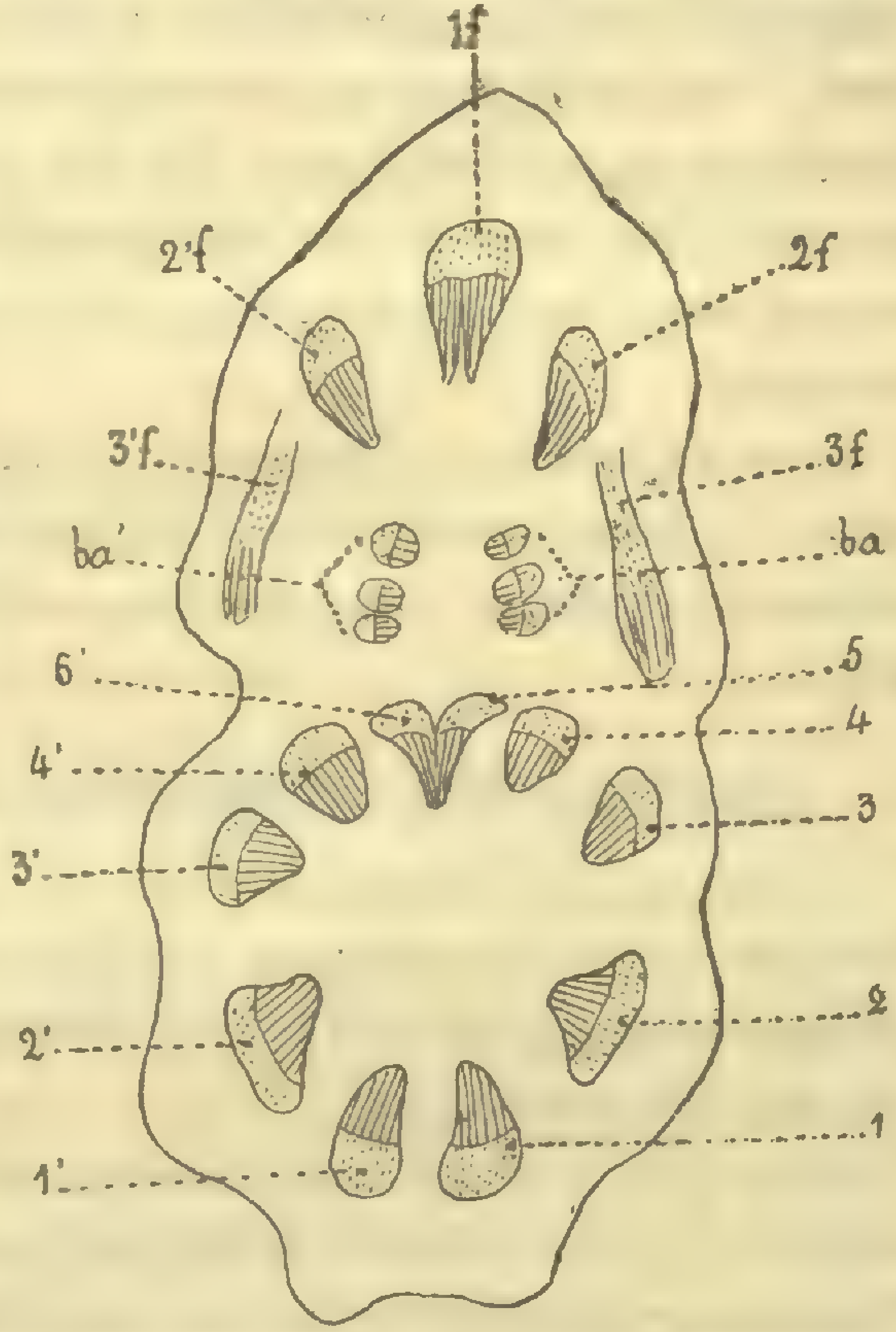


Fig. 122.

Fig. 121-122. — *Aristolochia Clematitis.* Passage des faisceaux au nœud. La fig. 121 représente la coupe la plus haute de la série. *1, 1', 2, 2', 3, 3', 4, 4', 5,* faisceaux de l'entre-nœud supérieur ; *1 f, 2 f, 2'f, 3 f, 3'f,* faisceaux foliaires ; *ba, ba',* faisceaux du bourgeon axillaire.

Les faisceaux du bourgeon forment deux groupes, *b* et *b'*, dans chacun desquels la fusion des faisceaux se fait plus complète.

Dans la tige, les deux demi-faisceaux provenant du faisceau *5* sont complètement soudés à chacun des faisceaux *4* et *4'*. La tige ne contient plus alors que 8 faisceaux. On constate de chaque côté, entre les faisceaux *2* et *3*, *2'* et *3'* un écartement qui va en grandissant à chaque coupe.

Quatrième coupe (fig. 124).— Dans la base foliaire, est accomplie la soudure des deux demi-faisceaux provenant de *1f* (fig. 123), avec les deux foliaires latéraux *2f 2'f*. Les foliaires marginaux *3f*, *3'f* ont dépassé les faisceaux *3* et *3'* de la tige.

Les faisceaux du bourgeon sont condensés en deux faisceaux *b* et *b'* qui se sont écartés l'un de l'autre.

Dans la tige, les faisceaux provenant de la soudure des demi-faisceaux *5* et *5'* avec *4* et *4'*, sont rapprochés de *3* et *3'*. Le groupe formé par *1*, *1'*, *2*. *2'* reste sans modifications sensibles.

Cinquième coupe (fig. 125). — La seule différence avec la coupe précédente consiste dans la soudure des faisceaux *5* + *4* + *3* en un faisceau unique. Cette jonction est moins prononcée du côté gauche (*5'* + *4'* + *3'*). Les faisceaux marginaux *3f* et *3'f* prennent place entre les précédents et les faisceaux *2* et *2'*. Les faisceaux *1* et *1'* accentuent un rapprochement qui était déjà visible dans les coupes précédentes.

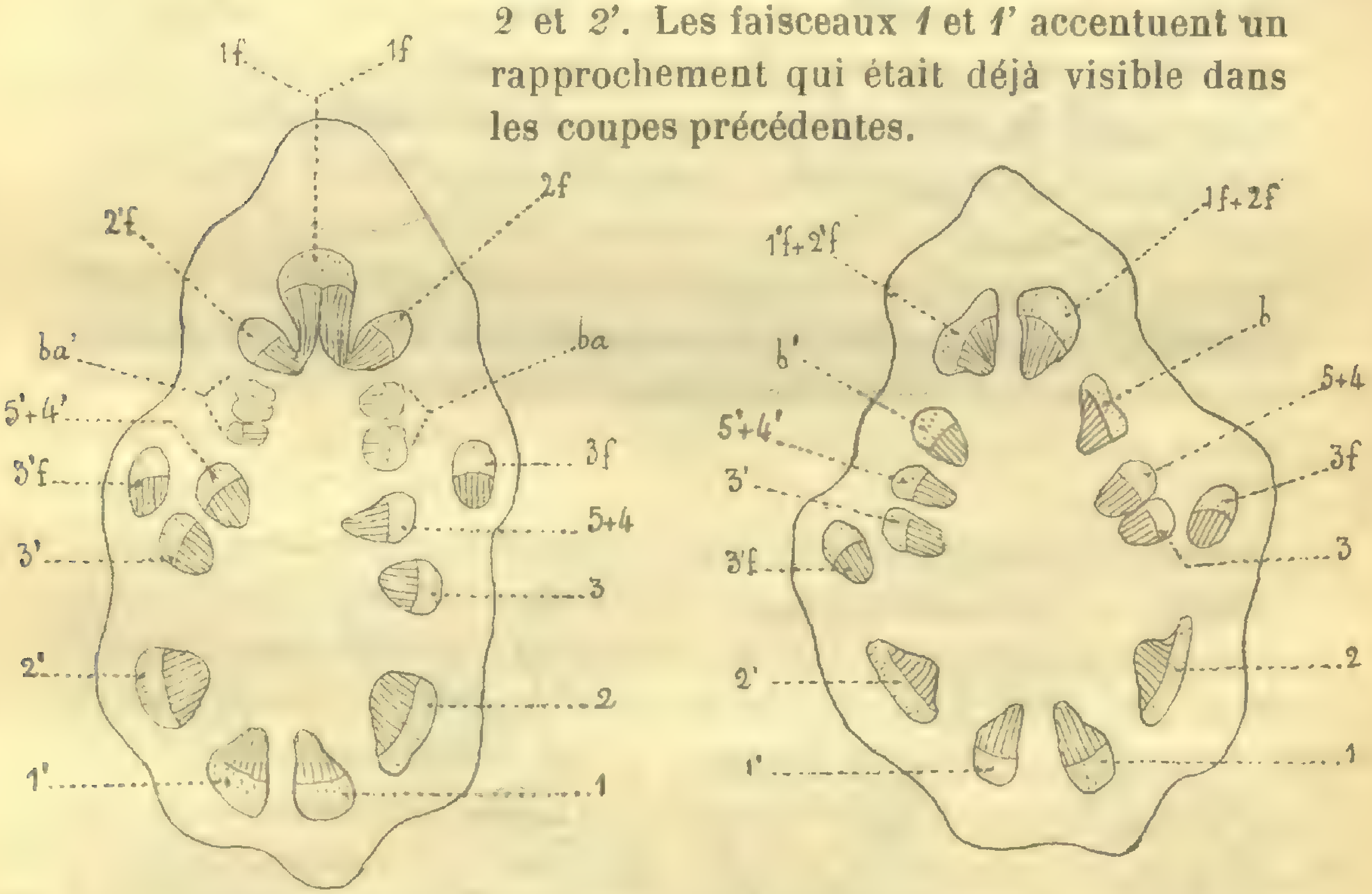


Fig. 123.

Fig. 124.

Fig. 123-124 — *Aristolochia Climatatis.* Rapports entre les faisceaux au nœud. Mêmes désignations que fig. 122.

Sixième coupe (fig. 126). — Les faisceaux *5* + *4* + *3* et *5'* + *4'* + *3'* ont achevé leur soudure. Les foliaires marginaux sont tout à fait intercalés entre les autres ; les faisceaux *1* et *1'* commencent à se souder par leurs pointes ligneuses.

Septième coupe (fig. 127). — Dans cette coupe, deux faits sont à noter : la réunion des faisceaux du bourgeon *ba* et *ba'* avec chacun des groupes *5* + *4* + *3* à droite et *5'* + *4'* + *3'* à gauche. En outre, la soudure des faisceaux *1* et *1'* est presque achevée.

Huitième coupe (fig. 128). — La coupe reprend la même structure qu'au début (fig. 122). Elle comprend 9 faisceaux ; mais les faisceaux *1f* et *1'f* sont à 180° de divergence avec leurs analogues *1* et *1'* de la première coupe, et le faisceau *1* (fig. 128) est l'homologue du faisceau *5* (fig. 121).

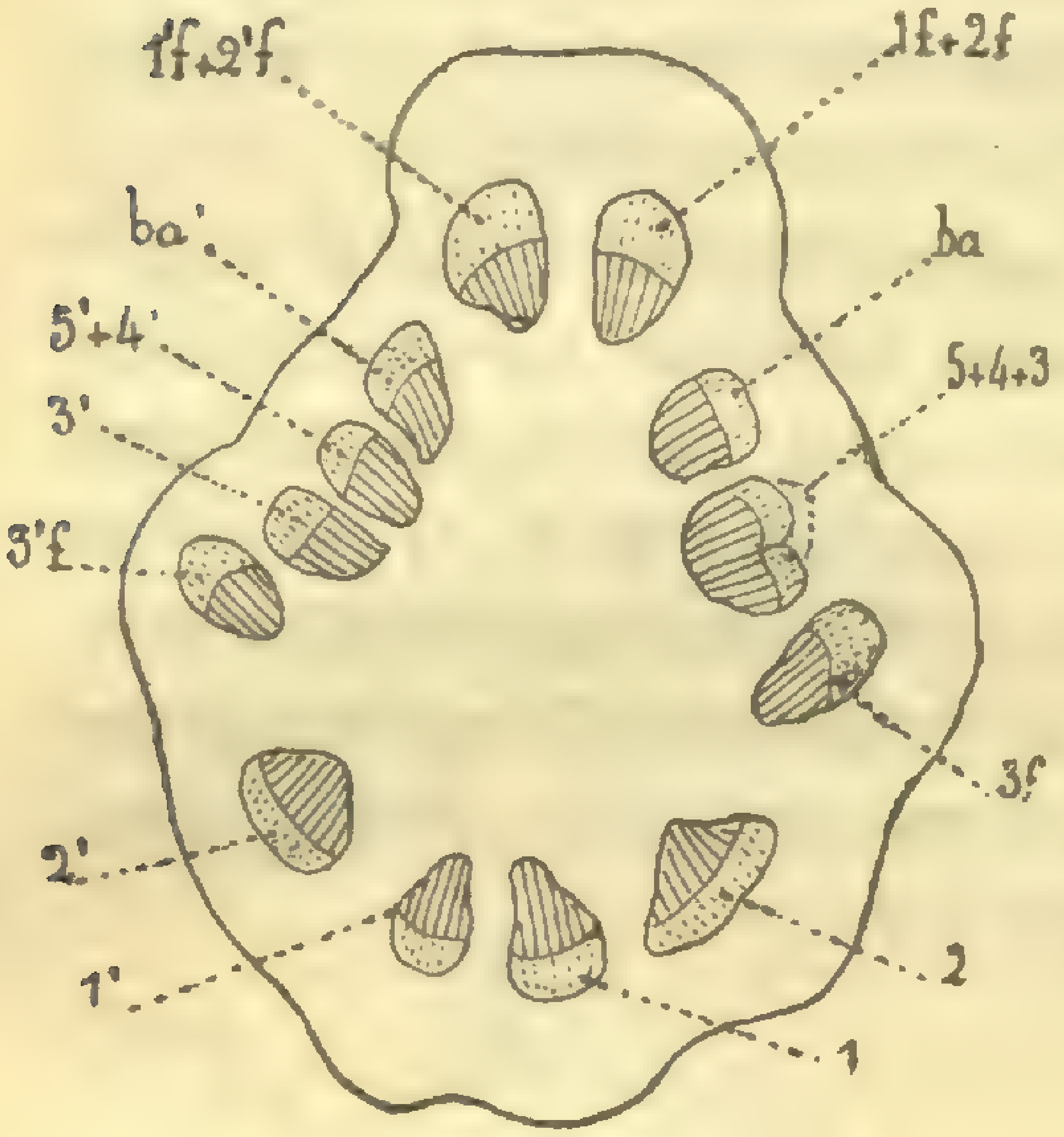

1'f+2'f
1f+2f
ba'
ba
5'+4'
5+4+3
3'
3'f
3f
2'
2
1'
1

Fig. 125.

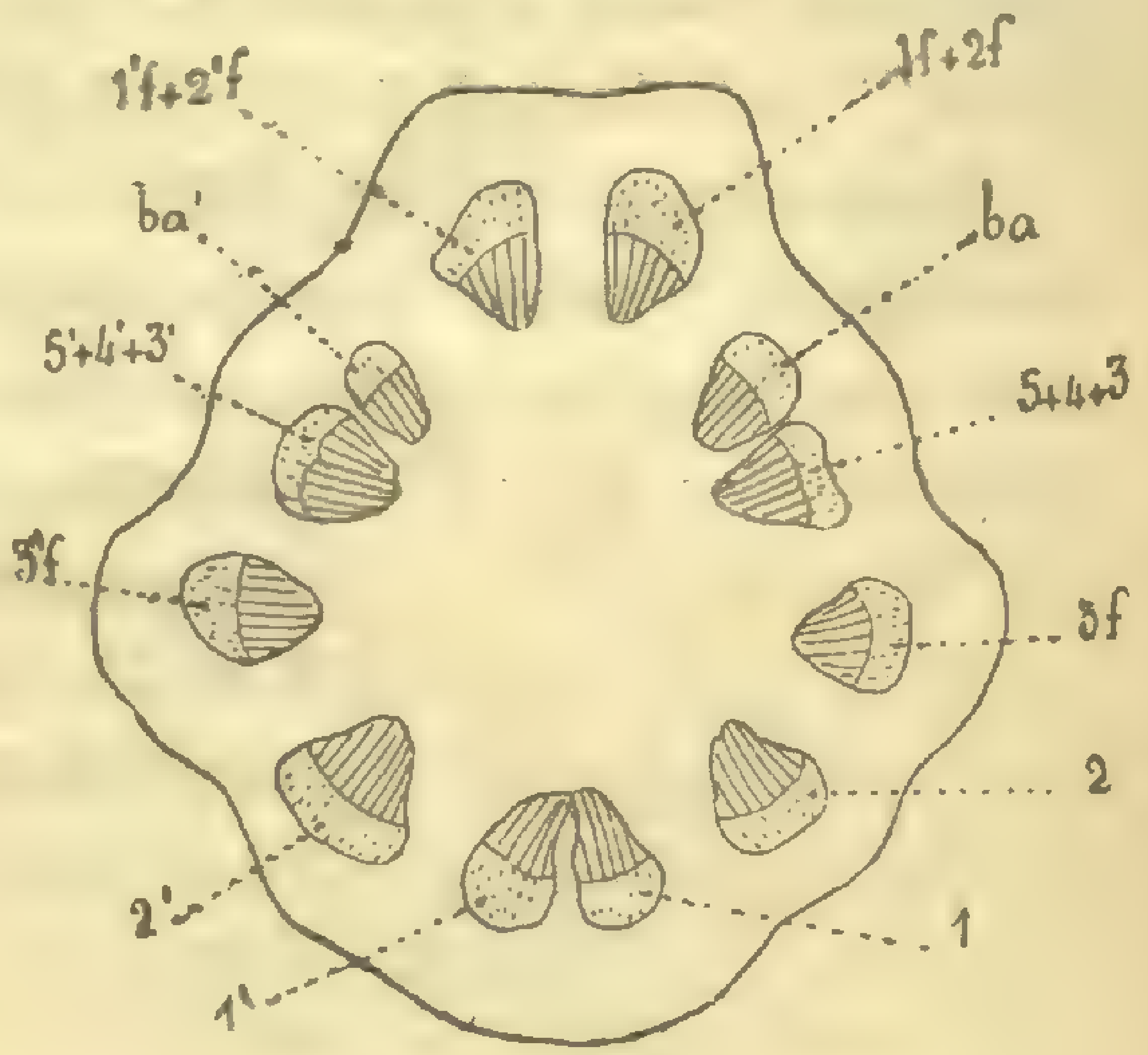

1'f+2'f
1f+2f
ba'
ba
5'+4'+3'
5+4+3
3'f
3f
2'
2
1'
1

Fig. 126.

Fig. 125-126. — *Aristolochia Clematitis.* Rapports entre les faisceaux au nœud. Mêmes désignations que fig. 122.

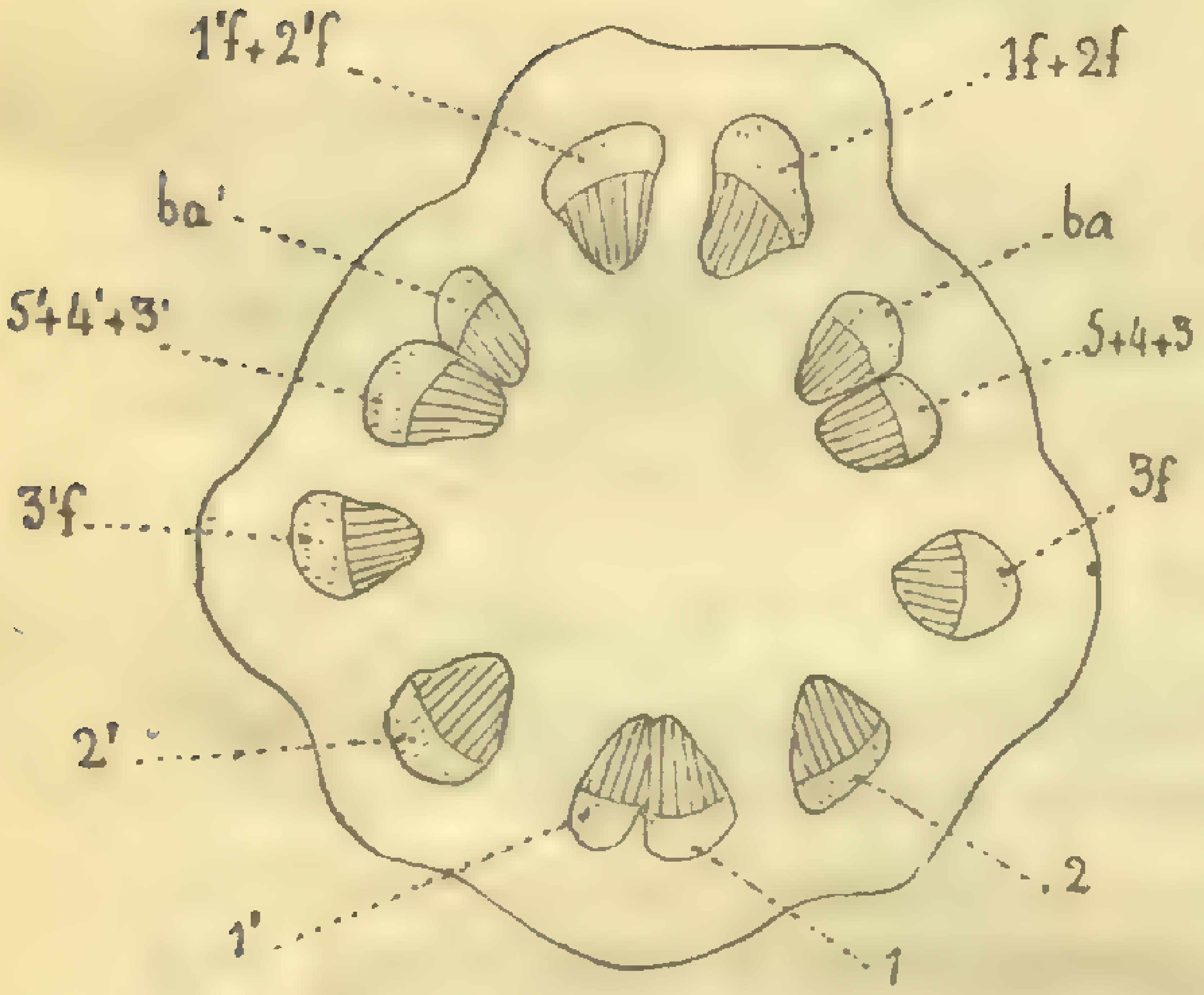

1'f+2'f
1f+2f
ba'
ba
5'4'+3'
5+4+3
3'f
3f
2'
2
1'
1

Fig. 127.

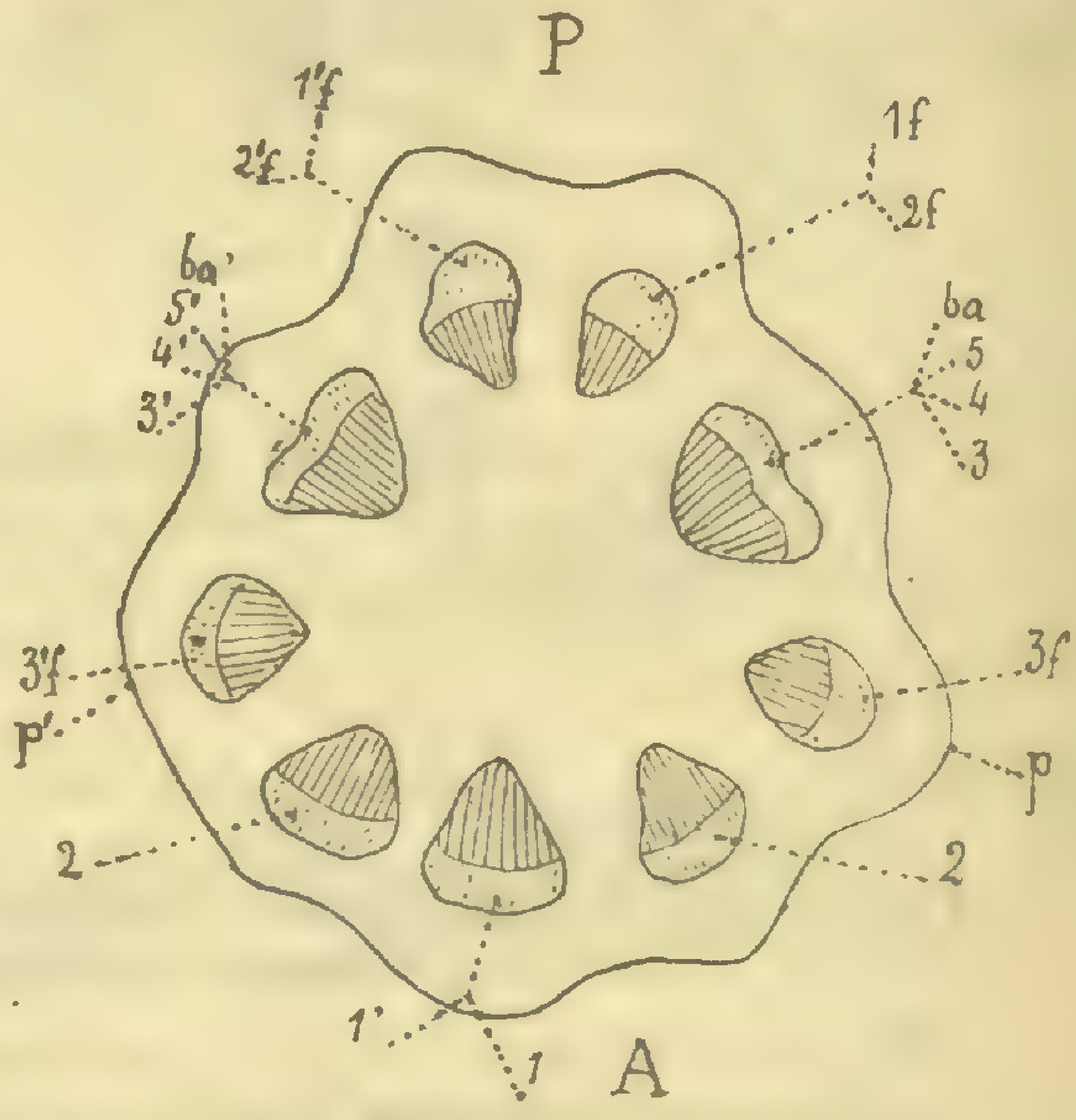

P
1'f
2'f
1f
2f
ba'
5'
4'
3'
ba
5
4
3
3'f
p'
3f
p
2
2
1'
1
A

Fig. 128

Fig. 127-128. — *Aristolochia Clematitis.* Rapports entre les faisceaux au nœu .
Mêmes désignations que fig. 122.

COMPARAISON ENTRE LA STRUCTURE DE L'*ARISTOLOCHIA CLEMATITIS* ET CELLE DE *VICIA SATIVA*

Il nous est possible maintenant de comparer cette structure à celle de la Vesce. Nous laisserons de côté ce fait, particulier à l'Aristoloche, que les faisceaux foliaires médians et latéraux donnent naissance, par leur réunion, à deux faisceaux *1f* et *1'f* (fig. 128), qui resteront séparés pendant tout l'entre-nœud inférieur et ne se souderont qu'au niveau de l'insertion d'une nouvelle feuille dans la région *A* (fig. 128).

Ces deux faisceaux représentent, en somme, la région foliaire médiane ; sa région marginale est représentée par les deux faisceaux *3f* et *3f'*. L'influence de la structure foliaire sur la forme et la constitution de la tige se manifeste, dans l'Aristoloche, par des caractères morphologiques externes et internes. La partie *A* de la tige, qui est la plus éloignée de l'insertion foliaire, a un contour arrondi. La partie *B*, comprise entre les points *P*. *p*, *p'*, a, sur une section transversale, la forme d'un trapèze, en rapport avec celle d'une base pétiolaire, et de ce côté, elle conservera cette forme jusqu'au nœud inférieur.

Nous avons constaté, dans la Vesce, une subordination analogue de la forme de la tige à celle de la base foliaire. Ce fait est dû à la présence des faisceaux marginaux et des tissus foliaires qui les accompagnent, en dehors du cercle des faisceaux de la tige. Il se manifeste extérieurement par la présence de deux côtes saillantes qui parcourent obliquement la surface de l'entre-nœud, aussi bien dans l'Aristoloche (fig. 42) que dans la Vesce (fig. 83), et qui joignent une insertion foliaire à l'autre. Toutefois, dans l'Aristoloche, la côte marginale n'est bien visible que dans les parties âgées de la tige, et même dans les cas où elle est le plus marquée, elle diffère de celle des Viciées par ce seul fait qu'elle ne renferme pas le faisceau marginal dont l'insertion a lieu au nœud même : elle n'est que le développement plus accentué de la région *p*, *p'* (fig. 128) qui correspond aux faisceaux marginaux *3f*, *3'f*, et qui marque la partie la plus large de la tige. Telle qu'elle est, cependant, elle représente une manifestation de la structure foliaire.

Les faisceaux marginaux de l'Aristoloche ne sont en aucun point de leur parcours situés dans le tissu cortical. Ce fait est particulièrement facile à constater, notamment dans l'Aristoloche Siphon, grâce à la présence d'un endoderme, qui ne passe jamais entre les faisceaux marginaux et les autres, mais qui les contourne extérieurement.

Une autre analogie, la plus importante, se révèle dans les rapports entre les différentes traces foliaires. Des trois faisceaux émis par la trace foliaire *P* (fig. 128), le médian, qui reste dédoublé pendant un entre-nœud, descend verticalement ; les deux marginaux s'insèrent en *p* et *p'* près des faisceaux du groupe *A*, de même qu'au nœud supérieur, les faisceaux marginaux de la trace *A* s'étaient insérés près de ceux du groupe *B*. Il faut remarquer cependant que dans la figure 128 il n'y a pas encore, à proprement parler, insertion, mais simplement intercalation des faisceaux *3f* et *3f'* parmi les autres. Ce n'est qu'au nœud inférieur que ces faisceaux se réuniront aux faisceaux *2* et *2'*, de même que les faisceaux *3* et *3'* s'étaient réunis à *4* et *4'* lors de l'insertion de la feuille *P*.

En somme, la seule différence entre la Vesce et l'Aristoloche à ce point de vue consiste dans ce fait que les faisceaux marginaux de la première restent en dehors de l'ellipse centrale pendant tout le trajet de l'entre-nœud, tandis que ceux de la seconde prennent place sur cette ellipse au nœud même où se fait l'insertion foliaire, mais dans l'une comme dans l'autre, la soudure des faisceaux marginaux ne se fait qu'au nœud inférieur.

En revanche, dans la Vesce, la soudure des faisceaux médians et latéraux du pétiole se fait au niveau de l'insertion-foliaire, tandis que dans l'Aristoloche, elle n'est définitive qu'à l'entre-nœud inférieur.

Ces faits conduisent à penser que, dans un cas comme dans l'autre, la structure de l'entre-nœud est subordonnée à celle de la feuille qui la termine ; elle n'est en résumé que l'extension de la base foliaire.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE

Dans les plantes à feuilles distiques, la structure de la tige est étroitement subordonnée à celle de la feuille.

La croissance terminale s'opère dans un plan, par une sorte d'oscillation du point végétatif.

Le sommet de la plante est uniquement composé des bases foliaires. Généralement la feuille est accompagnée de productions basilaires, stipules ou gaine, qui jouent dans les premiers temps de la croissance foliaire un rôle très important : elles protègent les jeunes feuilles ; leur système libéro-ligneux, dérivé des faisceaux marginaux de la feuille ou du pétiole, forment une partie plus ou moins considérable de l'appareil vasculaire total.

Le raccordement des segments foliaires présente différents degrés de complication :

Considérons par exemple, trois feuilles consécutives *A*, *B*, *C*, la feuille *A* étant la plus élevée :

1° Le faisceau médian de la feuille *A* descend directement jusqu'au voisinage de celui de la feuille *C* située au-dessous. A ce niveau il se partage en deux demi-faisceaux qui vont rejoindre les faisceaux latéraux les plus proches (Vesce, Lierre). Dans l'Aristoloche, le système libéro-ligneux de la feuille *A* et du bourgeon, se résout en deux faisceaux qui restent séparés jusqu'au nœud inférieur, où s'insère la feuille *B*. A ce niveau, ils se soudent en un faisceau unique jusqu'au nœud *C* où ce faisceau se partage et s'unit aux faisceaux latéraux les plus proches.

2° Les faisceaux de la tige sont répartis en une ellipse : les extrémités du grand axe de cette ellipse sont occupées par les faisceaux médians. Sur le pourtour se trouvent les faisceaux provenant des faisceaux latéraux ou marginaux du pétiole ou de la gaine. En ce qui concerne ces derniers, il y a plusieurs cas à distinguer :

Cas du Lierre. — Dans le Lierre, les faisceaux latéraux de la gaîne d'une feuille *A* se rapprochent, au nœud même où a lieu l'insertion foliaire, des faisceaux latéraux de la feuille (opposée) *B*, et s'unissent progressivement à eux dans l'entre-nœud inférieur.

Cas de l'Aristoloche. — Dans l'Aristoloche, les faisceaux latéraux du pétiole *A*, au nombre de deux, vont s'insérer près du faisceau médian de la feuille *B*, et descendent parallèlement à lui jusqu'au nœud *C*, où a lieu la jonction entre chaque faisceau latéral et chaque moitié du faisceau médian de la feuille *B*.

Cas de la Vesce. — Dans la Vesce, il y a lieu de considérer les faisceaux latéraux du pétiole et les faisceaux marginaux, qui fournissent le système vasculaire de la stipule.

Les faisceaux latéraux se rapprochent du faisceau médian pétiolaire, un peu au-dessus de l'insertion foliaire, puis s'en écartent pour faire partie du faisceau latéral le plus voisin.

Les faisceaux marginaux ou stipulaires de la feuille *A* restent en dehors de l'ellipse commune, enfermés dans une décurrence marginale du pétiole qui s'étend obliquement sur tout le trajet de l'entre-nœud et s'insèrent, au nœud inférieur, près du faisceau médian de la feuille *B*.

Il s'établit ainsi une communication constante entre les faisceaux médians d'une trace et les faisceaux latéraux ou marginaux des traces voisines.

Ces rapports entre les segments foliaires successifs s'accompagnent d'une concrescence plus ou moins complète de la gaine avec la tige (Aristoloche, Lierre, Vesce). Dans tous les cas, la forme de la tige, dans un entre-nœud, dépend de la base foliaire supérieure, dont elle n'est que l'élongation.

En aucun cas, on n'observe de vaisseaux dans l'écorce. Les faisceaux dits corticaux naissent toujours dans le méristème vasculaire; leur apparence corticale n'est qu'une particularité de la décurrence foliaire.

Cette décurrence se manifeste dans la Vesce par un bourrelet qui parcourt obliquement la surface de l'entre-nœud, contenant le faisceau marginal. Dans l'Aristoloche, elle produit un épaississement très marqué au-dessous de l'insertion foliaire ; cet épaississement a parfois l'aspect d'une gaine concrescente, mais les faisceaux qu'elle accompagne sont placés sur l'ellipse commune. Dans le Lierre, il y a une véritable gaine, qui est concrescente avec la tige avant l'élongation des entre-nœuds.

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE

PARUS DE 1897 A 1902 (*Suite*).

Feuille. — **Deinega** (1) décrit le développement des faisceaux dans les feuilles et montre que leur disposition dépend du mode de croissance et de ses variations. D'une façon générale, les nervures se disposent dans la direction de la plus forte croissance. L'auteur cite un certain nombre d'exemples, puis étudie spécialement les Palmiers. Les feuilles jeunes de ces plantes, toujours simples comme on sait et serrées dans les gaînes des feuilles plus âgées, sont pliées par suite du manque d'espace. La différence principale entre les feuilles en palmes et les feuilles en éventail tient au développement relatif du rachis ; si la croissance de ce dernier est forte, les déchirures du limbe sont horizontales et les segments ainsi détachés s'éloignent l'un de l'autre par élongation du rachis ; quand le rachis est court, les fentes sont verticales, puis disposées en éventail après le déploiement de la feuille. Les segments foliaires se séparent soit par transformation en mucilage, soit par dessiccation de certaines bandes de tissu. Le mucilage se produit dans des feuilles encore jeunes et s'observe chez *Chamærops*, *Cocos*, *Calamus*. Les déchirements s'observent sur les feuilles déjà différenciées des *Phœnix*, *Kentia*, *Chamædorea*. Sur les parties ainsi dénudées se constitue une sorte d'épiderme.

Bouygues (2), d'après l'examen d'une centaine de plantes, admet que toutes les feuilles jeunes présentent un arc de méristème vasculaire concave vers le haut et que la plupart d'entre elles possèdent en outre un deuxième méristème vasculaire, plus tardif dans son apparition et dans sa différenciation. Ce second méristème est situé entre le premier et l'épiderme supérieur. Il n'existe souvent au début qu'une unique assise de cellules entre l'épiderme et les cornes de l'arc primitif de méristèles (Marronnier, par exemple); c'est toujours le recloisonnement de cette région qui forme le second méristème d'où naissent les faisceaux supérieurs du pétiole et du limbe. La différenciation libéroligneuse peut d'ailleurs manquer à la base et au sommet de la feuille ou à tous les niveaux. Il faut admettre ou bien que l'écorce manque à la face supérieure ou bien que le second méristème vasculaire est d'origine corticale. L'auteur opine pour le deuxième terme de l'alternative.

---

(1) Deinega : *B. z. Kentniss der Entwickelungsgeschichte des Blattes und der Anlage der Gefassbündel* (Flora, 1898).

(2) Bouygues : *Sur l'origine et la différenciation des méristemes vasculaires du pétiole* (Actes Soc. linn. Bordeaux, 1901 — *C. R. Ac. Sc.*, t. 134, 1902).

Ad. Chatin (1) applique à la mesure de la gradation des espèces la disposition des faisceaux du pétiole. Les plantes extrêmement nombreuses qu'il cite sont groupées en trois types :

1° Type unitaire. Le faisceau unique, formé par la conjonction de plusieurs faisceaux affecte généralement, dans sa coupe transversale, la forme d'un segment de cercle en gouttière qui peut se fermer quand le pétiole s'arrondit (*Citrus*, *Hippophae*). Ce type commun chez les Corolliflores et les Gamopérigynes, fait défaut aux Monocotylédones. Chez ces dernières, quand le faisceau est unique, il n'est pas le résultat d'une conjonction.

2° Type plurifasciculaire limité. Fort répandu chez les Dicotylédones autres que les Corolliflores et les Gamopérigynes du groupe Rubiacées-Caprifoliacées, ce type se retrouve chez les Monocotylédones, dites supérieures par l'auteur (Asparagées, Dioscorées, Smilacées notamment). Les faisceaux, en nombre limité, sont le plus souvent ordonnés sur un seul segment de cercle, parfois sur deux dont l'inférieur compte plus de faisceaux (c'est le contraire pour *Butomus* et *Butomopsis*). Il y a un faisceau impair (sauf chez *Butomus* et un *Oxalis*). Le faisceau central ordinairement plus gros peut s'élargir (*Alyssum*, *Barbarea*), ailleurs tous les faisceaux s'élargissent, ne laissant entre eux que de petits intervalles qui disparaîtront dans le limbe où leur conjonction est complète (*Ptelea*, *Staphylea*).

3° Type plurifasciculaire indéfini. Dans ce groupe rentrent la plupart des Monocotylédones, les Ombellifères, beaucoup de Renonculacées à pétioles engaînants, des plantes à feuilles ou très grandes (*Clavija*, *Beta*, *Cochlearia Armoracia*, *Lepidium latifolium*, *Magnolia macrophylla*) ou palmatinerviées (*Vitis*, *Passiflora*, *Ricinus*, *Rheum*, *Cucurbita*). Le nombre des faisceaux peut varier soit par dédoublement, soit par soudures. Les faisceaux sont disposés soit en arcs de cercles (au nombre de 2 chez *Acorus*, *Stratiotes*, de 3 chez *Arum*, *Cyperus Papyrus*, *Saxifraga ornata*), soit en cercles simples ou multiples et alors concentriques (1 dans *Acanthus*, *Passiflora*, nombreuses Monocotylédones herbacées ; 2 dans *Arundo Donax*, *Sparganium ramosum ;* 7 ou 8 dans *Yucca*) ou bien ils sont dispersés (nombreuses grandes Ombellifères et Monocotylédones). Ils affectent une disposition propre à assurer la stabilité, en arcs dans les pétioles en gouttière, en cercles dans les pétioles arrondis, en cercles avec étais centraux de renforcement dans les feuilles de très grand développement. La conjonction des faisceaux (avec comme conséquence la disjonction pennée) se réalise à des moments et à des degrés divers suivant la mesure de la perfection organique dont elle est un des facteurs, quand ne s'y opposent pas des états anatomiques ou biologiques spéciaux. Elle croît progressivement de la base vers le sommet dans le pétiole et la nervure médiane des feuilles simples et, pour les feuilles composées, du pétiole commun aux pétioles secondaires et à la nervure dorsale des folioles. L'auteur considère les Corolliflores comme placées au haut de l'échelle végétale.

---

(1) Ad. Chatin : *Du nombre et de la symétrie des faisceaux libéroligneux du pétiole dans la mesure de la gradation des espèces végétales* (nombreux articles dans C. R. Ac. Sc., t. 125, 1897 t. 126 et 127, 1898).

Selon Schubert (1), les faisceaux foliaires des Dicotylédones (à l'exception des Crassulacées) sont entourés d'une gaine parenchymateuse formée, chez la plupart d'entre elles, de cellules allongées dans le sens de la nervure et en relation avec le mésophylle par des bras latéraux servant à la circulation des produits de l'assimilation. Les bras sont rares dans les feuilles isolatérales. Ces gaines, pauvres en chlorophylle sont interrompues d'interstices, ou de cellules autrement constituées (cellules à cristaux, etc.). Les Chénopodiacées, Amarantacées, Portulacées constituent un type à part. Les cellules de la gaine y sont cubiques ou pyramidales, sans interstices et contiennent beaucoup de chlorophylle; les membranes sont épaisses. Les plus fortes nervures sont pourvues d'une gaîne en haut ou latéralement, alors que chez les autres Dicotylédones la gaîne se développe normalement, soit sur les flancs des faisceaux, soit du côté inférieur ou se trouve remplacée par le parenchyme ordinaire des nervures.

Hansgirg (2) a publié plusieurs mémoires importants sur les types biologiques des feuilles. L'ensemble des résultats de ses recherches est exposé dans un ouvrage général paru en 1903 et qui sera résumé dans la prochaine Revue d'Anatomie.

Briquet (3) décrit les feuilles septées de quelques Dicotylédones. La cavité interne de la feuille est tapissée d'un endothélium, collenchymatoïde et simulant un épiderme sans cuticule ni stomates chez *Ottoa œnanthoides*, parenchymateux chez *Crantzia lineata*. La cavité est remplacée chez *Tiedmannia teretifolia* par un ensemble de lacunes formées par un parenchyme lâche à cellules étoilées.

Les feuilles nageantes sont étudiées par Wollenweber (4). Le limbe est large, à bords entiers, et le pétiole inséré à son centre de gravité, ce qui assure la flottaison (exceptions seulement chez les Potamogetonacées et Alismacées). Ces plantes jouissent de la propriété de régler la croissance du pétiole et de la tige dressée sur la profondeur de l'eau, La cuticule épidermique épaisse et couverte de cire, facilite l'écoulement de l'eau à leur surface. Le tissu assimilateur est fortement palissadique et forme souvent plusieurs étages, le parenchyme lacuneux est remplacé par le système de chambres aériennes de la face inférieure. Les stomates sont localisés sur la face supérieure et situés à fleur d'épiderme; la fente s'évase en entonnoir vers l'intérieur,disposition propre, d'après Haberlandt, à empêcher l'oblitération de l'ouverture par l'eau.

---

(1) Schubert : *Ueber die Parenchymzellen in den Blättern der Dicotyledonen* (Bot. Centralbl., t. 71 et 72, 1897).

(2) Hansgirg : *Zur Biologie der Laubblatter* (Sitz. K. böhm. Ges. Wiss. Prag., math. naturw. Kl., 1900 et 1901).—*Phyllobiologie*. Berlin (Borntræger freres), 1903.

(3) John Briquet : *Rech. sur les feuilles septées des Dicotyledones* (Bull. Herb. Boissier, 1897).

(4) Wollenweber : *Vergl. Anatomie der Schwimmblatter* (Inaug. Dissert., Friburg, i. Br. Bonn, 1897).

C. DE CANDOLLE (1) distingue deux types de feuilles peltées suivant que le pétiole est inséré au dessous du limbe en bouclier comme c'est le cas habituel ou au dessus de ce bouclier. Cette dernière disposition est même la plus fréquente pour les cotylédons peltés (Châtaignier, Méliacées, *Acacia Farnesiana*) ; cependant *Umbilicus horizontalis* a des cotylédons épipeltés. La disposition hypopeltée se retrouve aussi dans les régions florales (bractées des Pipéracées, châtons mâles de l'Aulne et du Bouleau, étamines des Cupressinées, calice de *Xanthosia*).

Duval-Jouve (1875) admet une relation entre la disposition des stomates et l'enroulement ou la torsion de la feuille chez les Graminées. PARLATORE (2) n'est pas du même avis. La torsion de la feuille, là où elle se produit, ne servirait en aucune manière à empêcher une transpiration exagérée; elle est une manifestation passive, résultant du poids de la partie apicale de la feuille, de la turgescence des cellules, de la disposition du tissu aquifère, des tissus mécaniques et des sillons et sans rapport avec la distribution des stomates.

Chez les Chloranthacées, les feuilles possèdent toujours, d'après SCHULZE (3), des cellules chlorophylliennes rameuses. L'épiderme est constamment dépourvu de poils, il est silicifié chez *Hedyosmum ramosum*. On trouve souvent des cellules sécrétrices.

---

(1) C. de Candolle : *Sur les phyllomes hypopeltés* (Bull. Herb. Boissier, 1897).

(2) Parlatore : *L'ipotisi del Duval-Jouve sulla disposizione della lamine fogliari di alcune graminace* (Malpighia, 1899).

(3) Schulze : *Beitr. zur Anatomie des Blattes bei den Chloranthaceæ* (Beih. Bot. Centralbl, 1900).

(*A suivre*). H. RICÔME.

450 — Lille, imp. LE BIGOT Frères. Le gérant, Ch. TUAL.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), prép. à la Sorbonne.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, agrégé-préparateur à la Sorbonne.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daguillon, professeur-adjoint à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, docteur ès sciences.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), docteur ès sciences.

Gain, professeur-adjoint à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'Ecole supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences de l'Université de Genève.

Houard, préparateur à la Sorbonne.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur à l'Université de Lausanne.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kővessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Quito.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'Ecole des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Mascléf, conservateur des collections botaniques de la Sorbonne.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, maître de Conférences à l'Université de Montpellier.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Morkowine, docteur ès sciences, Marbourg.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (Ove), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Muséum.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Avril 1907

N° 220 ✓

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1

1907

LIVRAISON DU 15 AVRIL 1907

Pages

I. — LES FACTEURS DE LA STRUCTURE CHEZ LES VÉGÉTAUX par **M. J. Laurent** 130

II. — SUR DEUX BURSÉRACÉES INDO-CHINOISES (avec planches) par **M. A. Guillaumin** 161

III. — LE GUINSI ET LE CRAM CRAM, par **M. Marcel Dubard** 167

IV. — RECHERCHES SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES ET SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE (avec planches et figures dans le texte), par **M. Léon Flot** (*fin*). 169

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

Planche 11. — *Bursera tonkinensis nov. sp.*
Planche 12. — *Garuga Pierrei nov. sp.*

Cette livraison renferme en outre six figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques
DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique **COGIT**

LES ÉTABLISSEMENTS
POULENC FRÈRES
FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

VIENT DE PARAITRE

COURS DE BOTANIQUE

par MM.

G. BONNIER
Membre de l'Institut
Professeur de Botanique à la Sorbonne

LECLERC DU SABLON
Professeur de Botanique
à l'Université de Toulouse

Fascicule IV (2e partie) Prix : 3 Francs

Ce fascicule, comprenant les Cryptogames vasculaires et les Muscinées, commence le second volume du *Cours de Botanique*.

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

HUSNOT, Hepaticæ Galliæ, Herbier des Hépatiques de France (n° 1 à 231, complet). **40 »**
RUIZ et PAVON, Syst. vegetabilium flora peruvianæ et Chilensis, Tome I (unicus), 1798. 455 p., relié . . . . **25 »**
THUNBERG C., Voyage au Japon par le Cap, les Iles de la Sonde etc., trad. Langlès, revus par J.-B. Lamarck pour l'Hist. nat. 4 vols in-8, 28 pl. portrait, rel . . . **20 »**
DOP, Struct. et dévelop. de la fleur des Asclépiadées, 1903, 120 p., 69 fig. . . . **3 50**
DÉSEGLISE, Catal. raisonn. ou énum. des espèces du genre rosier pour l'Europe, l'Asie et l'Afrique, spécialement les rosiers de la France et de l'Angleterre. Genève, 1877, 348 p. **12 »**

On peut se procurer tous les ouvrages cites dans la *Revue Générale de Botanique*, en s'adressant à la **Librairie J. LECHEVALIER.**

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT
Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après natur
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (Ve)

Prix : *franco*, broché. . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères, Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street

Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.).

LA REVUE DU MOIS

Paraît régulièrement le 10 de chaque mois depuis le 10 janvier 1906 par livraisons de 128 pages gr. in 8 (25 × 16)

Chaque année forme deux volumes de 750 à 800 pages chacun

Directeur : **Émile BOREL,** Professeur-Adjt à la Sorbonne.

La *Revue du Mois* est une revue *générale*, conçue à un point de vue *scientifique*. Elle traite les questions de sciences pures et appliquées, d'hygiène, de sociologie, d'histoire générale et diplomatique, d'art militaire, de critique littéraire, à un point de vue plus philosophique que technique, de manière à intéresser tout le public instruit désireux d'être tenu sérieusement au courant du mouvement des idées. Une Chronique et des Notes bibliographiques complètent chaque livraison.

Envoi de prospectus détaillés et de spécimens sur demande adressée aux bureaux de la Revue, 2, boulevard Arago, PARIS

Prix de l'Abonnement :

Un an, Paris. **20** francs ; départements, **21** francs ; Union postale, **25** fr.
Six mois — **10** francs ; — **11** francs ; — **12** fr. **50**
Prix de la livraison : **2 fr. 25**

On s'abonne sans frais chez tous les libraires et dans les bureaux de poste

Dépôt général : Librairie H. LE SOUDIER, 174-176, boulevard Saint-Germain, PARIS

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

LES FACTEURS DE LA STRUCTURE
CHEZ LES VÉGÉTAUX

par M. J. LAURENT.

Si l'on examine un grand nombre d'individus appartenant à la même espèce végétale et récoltés dans les milieux les plus divers, il est facile de s'assurer qu'il existe entre eux des différences appréciables, aussi bien dans la morphologie externe que dans la structure anatomique. Les cellules qui les composent ne présentent ni la même forme, ni la même épaisseur des parois, et, à la cellulose qui constitue primitivement les membranes, viennent se substituer en proportions variables, tantôt la lignine, substance fondamentale du bois, tantôt la subérine caractéristique du liège ; lors même qu'il s'agirait d'une de ces *espèces élémentaires* connues sous le nom d'espèces jordaniennes, l'influence des milieux se manifeste encore d'une façon très marquée.

Les botanistes modernes ont cherché à démêler, au milieu des nombreux facteurs qui peuvent agir sur la plante, la part qui revient à chacun d'eux dans la structure anatomique, et, ainsi s'est constituée une science nouvelle, l'*anatomie expérimentale*, dont les débuts remontent à peine à une trentaine d'années. Fondée surtout par les recherches de Costantin (**12-13**) et par les remarquables travaux de G. Bonnier, développée ultérieurement par Costantin et les autres élèves de G. Bonnier, elle réunit aujourd'hui un nombre considérable de faits que le moment paraît venu de chercher à coordonner.

Nous connaissons les modifications apportées dans la forme et la structure du végétal par la nature ou la concentration de l'aliment : Lesage a pu rapporter à l'influence du sel marin la carnosité des plantes du littoral ; Dassonville, réalisant des cultures sur liquide de Knop et supprimant tour à tour chacun des sels qui y entrent, a pu étudier l'action particulière des nitrates, des phosphates, des sels de potassium ou de magnésium ; Solacolu (**55 bis**) a recherché, de même, l'influence du fer, de la potasse et du phosphore. J'ai moi-même (**32**) étudié l'influence de quelques matières organiques sur la structure des plantes, et Teodoresco a modifié l'activité de la fonction chlorophyllienne en faisant varier la proportion de gaz carbonique dans l'atmosphère artificielle à laquelle ses plantes étaient soumises.

On a déterminé d'autre part le rôle de l'eau dans la végétation ; les travaux de Costantin ont montré l'action générale des milieux aquatiques ; ceux de Lhotelier ont eu trait aux variations de l'état hygrométrique.

Les recherches déjà anciennes de Rauwenhoff (**5**) nous avaient fait connaître la structure des plantes étiolées ; Bonnier (**8**), tout au contraire, maintient les sujets d'expérience à la lumière continue fournie par des lampes électriques, tandis que Dufour (**16 bis**) compare les feuilles développées à l'ombre à celles qui ont reçu l'action directe des rayons solaires. Enfin Friedel (**19**) étudie la plante aux pressions inférieures à la pression atmosphérique, tandis que Ricôme (**51 bis**) détermine les anomalies dues à l'action de la pesanteur.

Il n'est donc guère de facteur externe, capable d'intervenir dans la végétation, dont nous ne connaissions l'action particulière.

On peut dès lors soupçonner comment la combinaison des divers facteurs, température, éclairement, état hygrométrique, pression atmosphérique, dont l'ensemble définit le climat d'une région, peut amener des différences profondes signalées par Bonnier entre certains types de la flore parisienne et les mêmes espèces cultivées au sommet des Alpes (**7**) ou dans les contrées polaires, dans la région méditerranéenne ou sur les plateaux de l'Hindoustan (**9 bis**).

Mais, si les mémoires publiés abondent de détails sur les modifications de structure constatées, ils sont, par contre, infiniment plus sobres en ce qui concerne le mécanisme de ces modifications. Alors que les uns se trouvent satisfaits par des explications finalistes, les plus rigoureux se contentent de remarquer que les changements ont été favorables à la plante et qu'il y a eu adaptation.

Ce n'est pas cependant en tant que lumière ou que température que la radiation, par exemple, vient troubler la croissance ou la structure du végétal, et ces facteurs n'interviennent que dans la mesure où ils modifient le *milieu intérieur* de la plante. Si donc nous connaissions exactement l'influence des agents externes sur la constitution physico-chimique du milieu interne, nous pourrions rapporter à leur véritable cause les changements de structure qu'ils occasionnent chez les végétaux; autrement dit, nous pourrions substituer à la considération des causes prochaines de la structure celle de facteurs plus éloignés.

Sans doute, dans les tentatives de ce genre, nous aurons toujours à tenir compte des propriétés héréditaires qui limitent le nombre et la nature des variations possibles. Car, de même que dans un matras où il introduit plusieurs substances, le chimiste ne peut observer qu'un nombre limité de réactions dont la nature sera, par exemple, sous la dépendance de la température extérieure, de même aussi dans un protoplasme qui possède une composition chimique et des propriétés physiologiques déterminées, le nombre et la nature des variations provoquées par les conditions extérieures seront limités et en relation étroite avec cette composition chimique et ces propriétés physiologiques. D'ailleurs la juxtaposition (Brandza, **10**) chez les hybrides de caractères empruntés aux deux parents ou la production de caractères intermédiaires témoignent suffisamment de l'influence de l'hérédité dans la structure anatomique.

Par suite les modifications de même nature provoquées sur les espèces les plus diverses par le même agent externe sont donc celles qui résultent des propriétés communes à tous leurs protoplasmes. En me limitant à ces variations générales, je voudrais tenter de préciser les relations étroites qui me semblent exister entre le milieu externe, la constitution physico-chimique du milieu interne et la structure anatomique.

J'utiliserai pour ce travail, d'une part mes recherches personnelles et d'autre part un certain nombre de faits physiologiques bien connus; mais le lecteur ne devra pas oublier que, malgré leur forme dogmatique, certaines de mes conclusions ne peuvent être considérées comme définitives; elles soulèvent un assez grand nombre de problèmes dont l'expérience seule donnera la solution; elle me semblent aussi devoir orienter dans une direction toute nouvelle les recherches d'anatomie expérimentale et c'est par là surtout qu'elles pourront peut-être intéresser les botanistes qui ne dédaignent pas les études biologiques.

Je rappellerai tout d'abord les faits expérimentaux qui serviront de base à l'argumentation, et j'en déduirai à mesure les conséquences qui me paraissent en résulter.

1° *Influence de la turgescence sur la croissance.* — Les nombreux expérimentateurs qui, à la suite de Sachs et de Knop, ont réalisé des cultures en milieux liquides, ont pu constater facilement que les plantes développées dans l'eau distillée ne prennent qu'un très faible développement, en rapport avec l'importance des réserves de la graine. Si à l'eau on ajoute les sels minéraux indispensables en proportion graduellement croissante, la vigueur de la plante s'accentue peu à peu jusqu'à un certain maximum au delà duquel elle diminue.

Mes recherches (**33**), confirmant un travail antérieur de Stange (**56**), établissent en effet qu'à partir de cet optimum, qui correspond sensiblement à la composition des liqueurs normales de Knop et de Detmer, on observe un ralentissement marqué de la croissance en longueur de la tige et de la racine et une augmentation de leur diamètre transversal à mesure que croît la proportion de substances dissoutes.

Or, les travaux de Stange et de Van Rysselberghe (**61**) ont montré non seulement que la pression osmotique interne croît avec celle du milieu extérieur, mais que l'excès de pression interne, qui détermine la turgescence, croît également avec la concentration, tout au moins dans la limite de mes expériences. Je puis donc formuler la conclusion suivante :

A mesure que s'élève la turgescence, la vitesse de croissance en longueur de la tige et de la racine augmente tout d'abord, passe par un maximum et diminue ensuite. Le diamètre des mêmes organes croît au contraire d'une façon continue avec la pression de turgescence.

2° *Influence de la turgescence sur la forme des cellules.* — J'ai montré en même temps que ces modifications de forme extérieure de la plante sont en relation étroite avec les changements survenus dans la forme et le mode de croissance des cellules. Les mensurations que j'ai effectuées établissent en effet que dans le parenchyme cortical de la tige, par exemple, on trouve le même nombre de rangées cellulaires quelle que soit la concentration, mais à mesure que celle-ci augmente, chaque cellule est à la fois plus courte et plus large, se rapprochant progressivement de la forme sphérique ; et ainsi :

L'augmentation de turgescence modifie la croissance de la cellule qui tend vers la forme sphérique.

Réciproquement, on peut supposer que *parmi les individus d'une même espèce*, ceux qui présentent une tige plus courte et plus épaisse, avec des cellules de plus grand diamètre, doivent ces caractères particuliers à une augmentation de la turgescence et nous en avons la confirmation dans le travail de Lesage (**37**) sur l'influence exercée par le sel marin sur les plantes du littoral :

« Quand la hauteur des pieds et la surface des feuilles diminuent, l'épaisseur de la feuille et le nombre des assises palissadiques augmentent ; en même temps la salure devient plus forte. »

« Quand la hauteur des pieds et la surface des feuilles augmentent, l'épaisseur de la feuille, le nombre des assises de palissade et la salure diminuent. »

Nous pourrons donc expliquer facilement les caractères de structure obtenus par Teodoresco (**57**) dans ses recherches sur l'influence du gaz carbonique. Les principales conclusions de l'auteur peuvent se résumer ainsi :

1° L'addition de gaz carbonique (en proportion moindre que 8 à 10 pour cent) à l'air atmosphérique augmente le diamètre des cellules ;

2° Pour les plantes cultivées à partir de la graine, le gaz carbonique retarde la croissance de la tige, qui est activée au contraire si la graine a épuisé ses réserves.

La première conclusion résulte nécessairement de l'augmentation de turgescence, conséquence de la plus grande activité de la fonction chlorophyllienne ; mais pendant la période de germination et grâce aux produits de digestion des réserves de la graine, la plante réalise très sensiblement dans les conditions normales l'optimum de turgescence, tandis qu'elle se trouve au-dessous lorsque ces réserves sont épuisées. La présence du gaz carbonique doit donc ralentir la croissance dans le premier cas, parce qu'on s'éloigne de l'optimum, et l'activer dans le second puisqu'on se rapproche de cet optimum.

Remarquons immédiatement que mes deux premières conclusions, purement expérimentales, peuvent être considérées comme une vérification de l'ancienne hypothèse de Sachs et de de Vries sur le rôle de la turgescence dans la croissance de la membrane.

Considérons, par exemple, une cellule de la zone interne du parenchyme cortical dans la région de croissance de la tige chez le Grand Soleil (*Helianthus annuus*) développé sur solution liquide contenant 1/4 pour cent d'azotate de potassium. D'après les mesures de Stange, le développement ayant lieu à la lumière, la pression osmotique interne est comprise entre 55 et 60 °/₀ du poids moléculaire du salpêtre, soit 19 à 21 atmosphères. L'eau, amenée par les vaisseaux, chemine par les parois cellulaires et provoque ainsi un excès de pression interne de 18 à 20 atmosphères qui distend la membrane. La cellule se gonfle jusqu'au moment où la pression interne, qui va diminuant peu à peu, se trouve équilibrée par la tension croissante de la membrane et par la résistance des tissus externes.

Or, en pratiquant une coupe longitudinale de la tige ou de la racine, il est facile de s'assurer que la plupart des éléments, ceux tout au moins dont la membrane ne s'épaissit pas trop hâtivement, sont allongés parallèlement à l'axe du membre considéré. Des mesures précises indiqueront vraisemblablement que l'effort à faire pour refouler les tissus externes est plus considérable dans le sens transversal que dans le sens longitudinal. Dans le sens transversal, il faut distendre toutes les assises externes, les écraser contre l'épiderme si celui-ci est fortement cutinisé ou les refouler au dehors en les dilatant s'il n'y a pas de couches rigides à la périphérie. Dans le sens longitudinal, au contraire, les résistances sont bien moindres, puisqu'il suffit de repousser les tissus placés au delà. En supposant la tige verticale, l'effort à faire correspond donc sensiblement au poids de la partie supérieure de la tige augmenté de la pression atmosphérique et des tractions positives ou négatives résultant de l'inégalité de croissance des cellules placées au même niveau.

Néanmoins cette inégalité de résistance dans le sens longitudinal et dans le sens transversal ne suffit pas à expliquer la forme cylindrique de la plupart des éléments conjonctifs, car elle ne peut se faire sentir chez l'embryon avant la différenciation, et il faut faire intervenir une autre cause pour expliquer l'allongement de la tigelle et de la radicule.

Avec Rauwenhoff (**51**) j'admettrai volontiers que la pesanteur qui exerce une action directe sur l'allongement des cellules artificielles de Traube et dont l'influence est manifeste sur la croissance, intervient dans le phénomène.

Dès lors les cellules conjonctives vont se dilater sous l'action de deux forces : 1° la pression de turgescence, 2° la tension longitudinale due à la pesanteur.

Avec une faible pression de turgescence, la tension longitudinale est prédominante et la cellule prend la forme d'un cylindre allongé ; à mesure que s'élève la pression osmotique interne, le rapport des pressions longitudinales et transversales se rapproche de l'unité et la cellule tend vers la forme sphérique.

Si même les tissus externes n'opposent pas une résistance considérable à la dilatation transversale, le diamètre des cellules ira croissant de dedans en dehors dans le parenchyme cortical de telle sorte que les cellules les plus externes pourront avoir leur grand axe perpendiculaire à celui de la tige ou de la racine ; mes cultures de Pois et de Maïs sur solutions concentrées m'en ont fourni de nombreux exemples. Inversement, l'existence d'un épiderme résistant ou d'une épaisse couche subéreuse entraînera l'aplatissement ou même l'écrasement complet des cellules externes du parenchyme cortical.

Pantanelli (**45**) ayant constaté d'une part que dans certaines feuilles panachées on observe un arrêt d'accroissement des régions privées de chlorophylle, d'autre part que les cellules sans chlorophylle ont une pression osmotique interne supérieure à celle des cellules vertes, avait cru trouver dans le rapprochement de ces deux faits une objection très grave à l'hypothèse de Sachs et de de Vries; mais il importe d'observer que la turgescence ne peut être la cause unique de la croissance, et pour l'élaboration de nouvelles particules de cellulose il faut encore réaliser pour le protoplasme certaines conditions de nutrition et d'activité chimique.

Enfin si la turgescence intervient réellement dans la croissance, comme elle peut être assimilée en somme à une action mécanique il faut admettre aussi que toutes les actions mécaniques agissent également sur le même phénomène et l'on sait déjà quelle est l'influence des tractions sur la croissance et sur le développement des fibres (Hegler, **23**) ; c'est donc un nouvel argument à l'appui des idées précédentes.

3° *Action spécifique des substances actives.* — Malgré la généralité des résultats expérimentaux, on obtient cependant des structures sensiblement différentes pour une même concentration du milieu extérieur selon la nature des substances dissoutes, et si le rôle de la glycérine est comparable, dans une certaine mesure, à celui du chlorure de sodium, il diffère essentiellement de celui du glucose et de l'azotate de potassium, et ainsi :

Pour une même pression osmotique du milieu extérieur, la forme et la structure de la plante dépendent de la nature spécifique des substances actives.

4° *Influence des sels minéraux sur la fonction chlorophyllienne.* — J'ai déjà signalé incidemment l'influence que les sels minéraux doivent exercer sur la fonction chlorophyllienne; je rappellerai brièvement ici les arguments qui m'avaient conduit à cette manière de voir.

On a émis l'hypothèse que la fonction chlorophyllienne serait due à une action diastasique ; dès lors, l'accumulation d'hydrates de carbone dans les tissus devrait gêner cette fonction comme sont gênées toutes les actions diastasiques par les produits mêmes qu'elles engendrent. En dehors de toute hypothèse, les expériences d'Ewart ont montré que l'accumulation des hydrates de carbone dans les feuilles ralentit et peut même suspendre la fonction chlorophyllienne.

D'autre part, les travaux de Palladine (**46**) et de Mazé (**41**) ont établi que les sels minéraux azotés, notamment les nitrates, peuvent entrer en combinaison avec les hydrates de carbone pour réaliser la synthèse des matières albuminoïdes ; la pénétration de composés azotés dans les tissus détermine donc l'utilisation et par suite la disparition d'une partie des hydrates de carbone qui s'y trouvent en réserve ; la formation de la chlorophylle elle-même est favorisée par la présence simultanée de composés carbonés et azotés (Palladine); la fonction chlorophyllienne se trouvera donc nécessairement activée par l'apport de nitrates qui augmentent la proportion de chlorophylle dans les tissus et font disparaître les hydrates de carbone de réserve.

On sait de même qu'il est impossible de déceler la présence de phosphates dans les feuilles vertes par les réactifs microchimiques (Schimper), sans doute parce que ces sels minéraux entrent en combinaison avec l'aldéhyde formique issu de la fonction chlorophyllienne pour donner un oxyméthylphosphate de potassium qui est mis en réserve dans les grains d'aleurone (Posternak) (**47**), de telle sorte que les phosphates et les sels de potassium vont faciliter, comme les nitrates, l'utilisation des produits de l'action chlorophyllienne.

D'une manière générale, la constitution de la matière vivante exige la présence simultanée, et en proportions déterminées, d'une quinzaine de corps simples parmi lesquels le carbone joue le rôle fondamental, puisqu'il représente à lui seul environ la moitié du poids sec du végétal ; et comme chez les plantes vertes développées dans les conditions naturelles la fonction chlorophyllienne fournit, sinon la totalité, du moins la majeure partie du carbone, il en résulte que l'absence d'un seul de ces corps va retentir nécessairement sur le poids total de matière organique élaborée et par suite sur la fonction chlorophyllienne. En répétant les expériences de Raulin sur les plantes vertes et en étudiant les échanges gazeux on devra donc trouver que l'absorption de gaz carbonique varie dans le même sens que le poids sec dans les cultures de *Sterigmatocystis*.

Sans qu'il soit nécessaire de recourir à la mesure directe des échanges gazeux, il est facile de vérifier ces inductions en utilisant les résultats culturaux obtenus par les agronomes les plus autorisés.

Déjà les recherches classiques de Lawes et Gilbert (**52**) avaient mis en évidence le rôle des engrais azotés dans l'élaboration des hydrates de carbone par la plante. Je rappellerai quelques chiffres empruntés à leurs travaux en remarquant que les poids de carbone ont été déterminés non par l'analyse, mais par le calcul, en admettant que la matière organique non azotée se trouve tout entière à l'état de cellulose ou d'amidon.

Production par hectare et par an des différentes récoltes de Rothamstedt en carbone et hydrates de carbone.

	CARBONE		HYDRATES de CARBONE	
	Effectif	Excédent	Excédent	Pour 1 d'azote dans l'engrais
Froment pendant 20 années (1852-1871)				
Engrais minéral.	1.107 k.			
Engrais minéral et 96 k. d'azote ammoniacal	2.490 »	1.383 k.	2.858 k.	33 k. 28
Engrais minéral et 96 k. d'azote nitrique.	2.802 »	1.695 »	3.519 »	40 k. 71
Betteraves pendant 3 années (1871-1873)				
Engrais minéral.	1.259 k.			
Engrais minéral et 96 k. d'azote ammoniacal	2.915 »	1.656 k.	3.573 k.	41 k. 58
Engrais minéral et 96 k. d'azote nitrique.	3.397 »	2.138 »	4.542 »	52 k. 79
Pommes de terre pendant 10 années (1876-1885)				
Engrais minéral.	1.144 k.			
Engrais minéral et 96 k. d'azote ammoniacal	1.998 »	854 k.	1.689 k.	19 k. 61
Engrais minéral et 96 k. d'azote nitrique.	1.964 »	818 »	1.586 »	18 k. 49

Malgré l'incertitude que peut laisser le mode de détermination du carbone, il n'est pas douteux, d'après les chiffres ci-dessus, que les engrais azotés n'interviennent énergiquement dans l'élaboration des hydrates de carbone, et la conclusion suivante de Lawes et Gilbert se trouve entièrement justifiée : « Le rôle principal des corps azotés dans les plantes est de servir d'intermédiaire dans les transformations nécessaires pour constituer les substances non azotées ».

Mais il est facile de trouver dans leurs multiples résultats des exemples établissant le rôle des autres engrais minéraux, notamment des engrais potassiques et phosphatés. Nous ne possédons, il est vrai, que le poids de la matière sèche obtenue à l'hectare sans que sa teneur en carbone ait été déterminée par une analyse ; mais on peut, sans erreur sensible, admettre que cette dernière représente 45 ou 50 pour cent du poids sec.

Expériences sur la culture du Trèfle. Hoos Field. Année 1849

Récolte en foin à l'hectare sans engrais	9.431 k.
Récolte en foin à l'hectare, avec 336 k. de sulfate de potassium	12.249 »
Différence	2.818 k.

Résultats moyens de la culture du Froment pour 20 ans (1844-1863). Broadbak Field

Récolte totale (paille et grain à l'hectare), sans engrais	3.047 k.
Récolte totale (paille et grain) à l'hectare, avec superphosphate	3.776
Différence	729 k.

Culture du Blé ; moyenne de 40 années

Récolte en grain à l'hectare, sans engrais	11 hl. 77
Engrais minéral seul	13 » 50
Engrais ammoniacal seul (96 k. d'azote)	18 » 19
Engrais minéral et 96 k. d'azote ammoniacal	29 » 86

J'ai obtenu moi-même (**37**) au Champ d'expériences du Lycée de Reims des résultats culturaux qui conduisent aux mêmes conclusions ; j'en indiquerai quelques-uns parmi les plus intéressants :

Année 1902

Blé de Roseau sans engrais, poids de récolte à l'hectare :		
Grain	2.384 k.	8.685 k.
Paille	6 300 »	
Blé Roseau avec engrais chimiques (300 k. superphosphate de chaux, 150 k. chlorure de potassium, 250 k. nitrate de soude) :		
Grain	3.780 k.	12.780 k.
Paille	9.000 »	
Différence		4.095 k.

obtenus avec 700 k. d'engrais minéraux. Or ces 4.095 k. de récolte correspondent à 3.480 k. de matière sèche renfermant au minimum 1.500 k. de carbone ; encore, faut-il remarquer qu'il n'a pas été tenu compte des racines qui ont pris nécessairement un plus grand développement dans la parcelle qui a reçu les engrais chimiques.

Année 1903

Betteraves Mammouth sans engrais : poids sec des racines à l'hectare	7.314 k.
Avec 750 k. d'engrais chimiques (300 k. superphosphate, 150 k. chlorure de potassium 300 k. nitrate de soude)	11.794 »
Différence	4.480 k.

Ces 4.480 k. de matière sèche, feuilles non comprises, renferment plus de 2.000 k. de carbone dont l'assimilation a été provoquée par un apport de 750 k. d'engrais minéraux.

Il est inutile d'ailleurs de multiplier les exemples de ce genre, car si les engrais minéraux sont employés journellement en agriculture, c'est qu'on a pu établir expérimentalement leur influence sur l'élaboration de la matière organique : cellulose et lignine dans la paille des céréales, amidon dans les tubercules de la Pomme de terre et les grains de Blé ; sucre de canne dans les racines tuberculeuses de la Betterave, etc.

Chez toutes les plantes vasculaires, les sels minéraux absorbés à l'état de solution aqueuse par les racines cheminent vers les feuilles à travers les vaisseaux du bois, sous la double influence de la poussée osmotique des racines et de l'aspiration due au phénomène de transpiration. L'activité des échanges gazeux d'une feuille verte déterminée va donc se trouver en rapport avec la quantité de sels minéraux utiles qui lui sont apportés, et l'on voit immédiatement que toutes les recherches relatives à la fonction chlorophyllienne dans lesquelles on opère sur des organes détachés ne peuvent nous renseigner qu'assez incomplètement sur son activité normale, puisque l'arrivée des sels se trouve suspendue.

En général, toutes les circonstances qui peuvent modifier la vitesse d'ascension de la sève vont retentir indirectement sur l'assimilation du carbone et par suite sur la nutrition générale de la plante. Nous aurons ainsi l'explication scientifique de la plupart des opérations pratiquées avec succès depuis longtemps par les horticulteurs et dont les botanistes trouvaient difficilement l'interprétation : arcure des rameaux, taille, pincements, greffage, etc. J'en développerai sommairement quelques exemples.

Les recherches de Daniel (**15**) ont déjà montré que par suite d'un raccord plus ou moins sinueux de leurs éléments vasculaires, la sève passe assez difficilement du sujet dans le greffon, tout au moins chez les plantes annuelles où les formations secondaires ne peuvent prendre qu'un développement restreint, et la transpiration du greffon se trouve sensiblement ralentie ; mais il n'est guère douteux qu'on ne puisse constater en même temps une moindre activité de la fonction chlorophyllienne qui explique l'état général de souffrance du greffon.

De même les pincements doivent vraisemblablement déterminer un plus grand apport de sels minéraux dans les feuilles situées au-dessous de la section, de telle sorte que les troubles osmotiques consécutifs de la blessure ne résulteraient pas seulement d'une suractivité respiratoire (Palladine), mais encore d'une élaboration plus rapide de matière organique. On peut rapporter ainsi à une augmentation brusque de la turgescence les modifications qui surviennent dans le fonctionnement de l'assise génératrice intralibérienne, donnant aux éléments du bois un plus grand diamètre et déterminant l'apparence d'une nouvelle couche annuelle (Daniel), comme on peut expliquer les caractères anatomiques que j'ai signalés antérieurement (**31**) dans le bois d'aileron de la Vigne soumise à un mode particulier de taille et de pincement.

L'étude directe de la transpiration et des échanges gazeux chez les plantes cultivées, soumises aux divers procédés de taille et de pincement, présenterait donc un intérêt considérable, en apportant une confirmation expérimentale des inductions qui découlent naturellement des observations précédentes.

On sait déjà, par les recherches de Müntz, que les tailles longues pratiquées sur la Vigne donnent des moûts de plus faible densité, alors que les tailles courtes appliquées à toutes les plantes vivaces déterminent la production de rejets vigoureux qui, par la forme et les dimensions des feuilles, par le diamètre des cellules, témoignent évidemment de pressions de turgescence beaucoup plus élevées.

Je signalerai particulièrement le cas d'un *Catalpa* du Jardin Botanique de l'Ecole de médecine de Reims qui, à la suite d'un émondage un peu brutal, a fourni des rejets de plus de 2 mètres de longueur avec des feuilles atteignant 50 centimètres de diamètre, alors qu'elles ne dépassaient pas 30 centimètres sur les rameaux issus de branches non mutilées. Les chiffres ci-dessous suffisent à préciser les caractères des deux sortes de feuilles :

	Rameaux soumis à la taille	Rameaux non taillés
Diamètre des feuilles	50 cm.	30 cm.
Longueur du pétiole	40 cm.	22 cm.
Diamètre de la base du pétiole	19 mm.	9 mm.
Diamètre du canal médullaire du pétiole	5 mm.	1 mm.

Les résultats obtenus par Boirivant (**4**) se rapportent au même ordre d'idées, puisqu'après section de la racine principale la radicelle de remplacement présente un plus grand nombre de faisceaux primaires avec des vaisseaux du plus grand diamètre et des formations secondaires plus abondantes et si « la plante blessée tend à acquérir les éléments histologiques disparus », ce n'est pas en vue d'une finalité plus ou moins consciente, mais par une conséquence nécessaire des conditions physico-chimiques.

Enfin les cas de fasciation et les diverses anomalies provoquées expérimentalement d'abord par Géneau de Lamarlière (**30**), puis, plus récemment, par Blaringhem (**3**) semblent bien être la conséquence des troubles osmotiques déterminés par des pincements répétés. Blaringhem a bien fait ressortir la fréquence de ces anomalies dans les sols très riches, c'est-à-dire chez des végétaux déjà soumis à des pressions de turgescence élevées, de sorte que l'affolement dans la structure se manifeste lorsqu'on vient à les franchir, et cette observation doit être rapprochée de la production expérimentale de faisceaux concentriques dont je parlerai plus loin à propos de mes cultures de Pois sur glycérine.

Dans ces divers exemples, la nature spécifique de la plante influe grandement sur le résultat de l'expérience, témoignant de l'inégale sensibilité des divers protoplasmes vis-à-vis des excitations extérieures.

5° *Influence de l'eau et des composés carbonés sur la lignification.* — Les travaux de Costantin (**13**) sur la structure des plantes aquatiques ont permis d'établir que l'eau gêne la lignification. Ce résultat indiscutable est d'autant plus curieux que les vaisseaux par lesquels l'eau circule sont toujours les premiers et parfois les seuls éléments lignifiés. Mais si l'on remarque que les vaisseaux du bois comptent parmi les premiers tissus différenciés, on pourra penser que la lignification est antérieure au courant d'eau et qu'au moment où celui-ci s'établit, la différenciation est déjà accomplie. Inversement, mes cultures sur glucose, saccharose et parfois aussi glycérine montrent qu'un excès de composés carbonés exagère la lignification. En rapprochant ces deux groupes d'observations, on peut donc conclure que *les tissus les plus fortement imprégnés de lignine seront à la fois pauvres en eau et riches en composés hydrocarbonés.*

On comprend ainsi les résultats obtenus par Lhotelier (**39**) dans ses recherches sur les plantes à piquants, car chez les végétaux cultivés dans une atmosphère sèche, la transpiration se trouve considérablement activée et la circulation de l'eau (qui apporte des sels minéraux) dans le corps de la plante devient plus rapide sans que néanmoins la turgescence parvienne à s'établir; il y a donc élaboration d'une forte proportion d'hydrates de carbone et lignification hâtive capable de suspendre la croissance.

Inversement, les végétaux développés dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau et mieux encore les plantes aquatiques transpirent faiblement, absorbent peu de sels minéraux et fabriquent moins de matières sucrées; on comprend que la lignification y soit d'autant moins avancée que les tissus sont plus riches en eau.

Chez un certain nombre de Monocotylédones, telles que le Maïs ou l'Iris, le retard dans la lignification des cellules de l'endoderme de la racine situées en face des faisceaux ligneux est de même la conséquence du courant d'eau qui se dirige vers les vaisseaux. Enfin, l'exception offerte par les Monocotylédones marines (**54, 55**) qui seules parmi les plantes aquatiques ont des tissus bien lignifiés s'explique naturellement par la concentration saline de l'eau de mer et surtout par sa richesse en sels de potassium qui facilitent l'élaboration des composés hydrocarbonés.

Il faut ajouter enfin que les actions mécaniques qui interviennent à titre d'*excitants* dans le phénomène toutes les fois que les conditions de nutrition sont favorables ont un rôle généralement atténué chez les plantes submergées, ce qui contribue encore à leur donner leur structure caractéristique.

J'insisterai tout particulièrement ici sur la distinction importante à établir entre la pression osmotique interne et la pression de turgescence. La concentration du suc cellulaire en substances dissoutes qui correspond à un degré cryoscopique élevé n'entraîne pas nécessairement la turgescence de la cellule ; il faut assurer en même temps un apport d'eau suffisant. Il semble résulter des observations précédentes que si la pression osmotique élevée (lorsqu'elle est déterminée par les sucres) favorise la lignification, la pression de turgescence intervient surtout dans la croissance et la forme des cellules.

Cultures à l'obscurité. — On sait que les plantes étiolées sont caractérisées à la fois par l'allongement anormal de la tige qui reste grêle avec des cellules longues et étroites, et par la réduction de l'appareil de soutien, c'est-à-dire des tissus lignifiés; d'après Rauwenhoff (**51**) les cellules sont deux à trois fois plus longues chez ces végétaux que chez les mêmes espèces cultivées à la lumière.

De Vries ayant constaté que les tissus étiolés sont plus riches en acides organiques, avait pensé tout d'abord que la turgescence y était plus forte ; mais les recherches précises de Stange ont montré au contraire que la pression osmotique interne, déterminée par des expériences de plasmolyse, y est sensiblement moindre. Ainsi avec *Helianthus annuus* la plasmolyse est obtenue avec une solution de salpêtre renfermant les 25/100 du poids moléculaire de ce sel par litre chez les plantes étiolées, tandis que chez les plantes vertes la concentration de la solution plasmolysante doit atteindre 55 à 60/100 du poids moléculaire. Il y a ainsi pour ces dernières un excès de pression osmotique de 10 à 12 atmosphères.

On comprend ainsi la croissance rapide de la tige et la forme particulière des cellules à l'obscurité. On peut remarquer d'autre part que dans le développement à l'obscurité, sur solutions exclusivement minérales, la fonction chlorophyllienne faisant défaut, la plante ne peut utiliser que les hydrates de carbone provenant de la digestion des réserves de la graine ; il y a donc moins d'hydrates de carbone dans les tissus qui sont en outre plus riches en eau à cause de leur transpiration ralentie ; bref, nous avons diminution de pression osmotique interne et de la proportion de matières sucrées, phénomènes qui expliquent suffisamment la croissance rapide et l'absence de lignification.

Il suffit d'ailleurs d'examiner les résultats que j'ai obtenus à l'obscurité dans des cultures de Pois et de Maïs sur solutions concentrées de glucose ou de glycérine, pour s'assurer que la pression osmotique et la proportion de substances ternaires sont bien les circonstantes déterminantes de la forme et de la structure.

Cultures à la lumière continue. — Les cultures expérimentales de Bonnier à la lumière continue (8) vont nous conduire à des conclusions diamétralement opposées à celles que nous avaient fournies les cultures à l'obscurité. Il est certain que la continuité de la fonction chlorophylienne détermine une production plus élevée d'hydrates de carbone qui pourront être, il est vrai, partiellement précipités sous forme d'amidon, mais qui provoqueront nécessairement une augmentation de pression osmotique interne.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les planches qui accompagnent le travail de Bonnier pour s'assurer qu'à la lumière continue les plantes sont plus courtes et plus charnues et que les cellules présentent en général un plus grand diamètre.

Quant au retard dans la différenciation, malgré une proportion plus grande d'hydrates de carbone, il faudrait connaître la proportion d'eau contenue dans les tissus pour arriver à l'interpréter.

6° *Influence de la températùre sur les échanges gazeux.* — Dans ses « Recherches sur le nanisme végétal » (**20**) Gauchery distingue le nanisme constitutionnel, qu'il attribue aux caractères spéciaux de la graine, de celui qui est provoqué par les conditions extérieures et dont l'exemple le plus frappant est fourni par les plantes alpines.

Dans le premier cas, la tige reste grêle, les assises génératrices normales font défaut ou fonctionnent peu ; une sclérose précoce fixe la structure et arrête la croissance. Dans le second, au contraire, l'épaississement de la tige et de la racine est manifeste ; la carnosité est si bien marquée qu'il y a tendance vers la tubérisation.

On songe naturellement à rapprocher le nanisme dit constitutionnel du cas des plantes à piquants, et si l'insuffisance des réserves de la graine ne doit pas être étrangère aux caractères spéciaux de la plante, il n'est pas invraisemblable de penser que le faible développement du système radiculaire ou le ralentissement dans l'absorption de l'eau provoqué par la concurrence vitale n'intervienne également pour diminuer la turgescence.

Les plantes alpines rappellent au contraire les résultats obtenus dans les cultures sur solutions concentrées et l'augmentation de la turgescence semble devoir expliquer les caractères curieux des plantes de montagne. La considération des échanges gazeux peut nous mettre sur la voie d'une explication plausible.

Les recherches de Bonnier (**7**) ont montré qu'à égalité de surface une feuille empruntée à une plante de montagne décompose à la lumière, et toutes les autres conditions restant les mêmes, un volume plus grand de gaz carbonique qu'une feuille récoltée sur la plante de plaine; mais dans les circonstances naturelles, les deux catégories de plantes sont soumises à des conditions différentes de température et d'éclairement et nous ignorons comment chacune d'elles se comporte *dans son propre habitat.*

Nous savons cependant que l'activité respiratoire croît très rapidement à mesure que la température s'élève, puisque d'après Bonnier et Mangin (**5**) la loi de Faucompret (**17**) paraît applicable

$$Q = A + Ct^2$$

à la plupart des végétaux. Les variations de la fonction chlorophyllienne sont au contraire moins rapides d'après le travail de Kreusler (**28**), de telle sorte qu'aux températures élevées la consommation des hydrates de carbone par la respiration peut être assez rapide pour éliminer une grande partie des produits de l'action chlorophyllienne. Par contre, aux basses températures, la respiration se trouve sensiblement ralentie alors que l'absorption de gaz carbonique conserve une certaine activité. Les recherches de Jumelle (**27**) ont déjà montré que chez les Lichens et en particulier chez *Evernia Prunastri* la respiration cesse au-dessous de —10°, tandis que la fonction chlorophyllienne persiste jusqu'à —40° ; les mêmes phénomènes s'observent chez l'Epicéa et le Genevrier.

Si donc nous pouvions étendre aux plantes capables de s'adapter au climat alpin les caractères particuliers observés chez les Lichens et chez quelques conifères, nous pourrions conclure que les cultures en montagne, à cause des basses températures auxquelles les plantes sont soumises, doivent amener une accumulation d'hydrates de carbone dans les tissus et par suite une pression osmotique plus élevée. Si la transpiration se trouve en même temps ralentie, comme il arrive vraisemblablement chez les feuilles velues de Topinambour, il doit y avoir un accroissement de la turgescence capable de provoquer le nanisme et la carnosité.

En même temps, l'accroissement osmotique chez les plantes alpines doit se produire par une augmentation appréciable du poids des graines. Je n'ai aucun renseignement à ce sujet pour les plantes de montagne, mais on sait depuis longtemps que les plantes des climats froids, en général, ont des graines plus volumineuses et cette particularité a reçu des applications intéressantes, notamment dans la culture du Lin, comme elle permet d'expliquer, après les recherches de Matruchot et Molliard (**42 bis**), la plus grande résistance à la gelée des céréales issues de graines récoltées dans les régions froides.

Les résultats obtenus par Cavara (**11**) chez *Sedum maximum*, dont le degré cryoscopique n'est pas sensiblement augmenté par la culture en montagne, ne peuvent être invoqués contre l'argumentation précédente, car l'auteur n'indique pas que la plante, assez mal choisie d'ailleurs, ait été modifiée dans ses caractères anatomiques ou morphologiques par la culture à 900 mètres d'altitude, et le raisonnement n'est applicable évidemment qu'aux espèces capables de subir des transformations appréciables.

Enfin, l'accentuation des caractères alpins des feuilles, signalée par Houard (**23**) dans les galles de Genévriers, vient encore à l'appui de ma manière de voir si l'on remarque que la production d'une galle est en rapport avec l'appel osmotique provoqué par le parasite.

Des considérations du même ordre permettent de soupçonner la raison d'être d'un assez grand nombre de faits bien connus des horticulteurs et dont les botanistes auraient dû se préoccuper davantage.

Dans un mémoire couronné par la Société d'Horticulture en 1864, B. Verlot (**62**) s'exprime ainsi au sujet des conditions à réaliser pour provoquer la formation de races naines :

« Nous considérons comme un puissant moyen d'affolement
» des végétaux dans le sens du nanisme *les semis d'automne* et en
» même temps *les repiquages successifs* qu'ils nécessitent. »

C'est de même par des semis tardifs, c'est-à-dire par le développement aux basses températures, que Vilmorin a pu réaliser la transformation de la Carotte sauvage en Carotte cultivée à racine tuberculeuse. Ce sont les mêmes raisons qui astreignent à localiser la culture de la Betterave à sucre dans les régions du Nord de la France où la tubérisation ne commence réellement qu'en septembre, après la période des grandes chaleurs, ou à limiter la culture du Radis au début du printemps ; au point de vue de l'accumulation des réserves, elle ne réussit guère sous nos climats en juillet et août, pas plus que celle des plantes potagères dans les contrées équatoriales, selon l'intéressante observation de Sagot (**53**).

Ce sont là, dira-t-on, des adaptations aux diverses températures ; mais ces adaptations doivent correspondre à des particularités internes et on ne peut nier qu'il n'y ait tout au moins coïncidence entre la suractivité respiratoire qui détermine la consommation des réserves et la croissance longitudinale de la plante.

Ne pourrions-nous pas rapporter également aux modifications survenues dans les échanges gazeux la périodicité de croissance que l'on observe si nettement chez certaines Algues, mais qui se manifeste également chez les Phanérogames ?

Pendant le jour, la plante exposée à la lumière accumule des hydrates de carbone et la pression osmotique interne va croissant jusqu'au soir, comme l'ont établi les recherches de Cavara (**11**); pendant la nuit, au contraire, il y a consommation des réserves et abaissement sensible du degré cryoscopique qui est minimum au lever du soleil. La croissance intercalaire doit donc se manifester principalement pendant la nuit, comme elle est plus active chez les plantes développées à l'obscurité.

Ce sont les mêmes phénomènes qui se manifestent dans le forçage des végétaux par l'action des vapeurs d'éther, puisque Markowine (**43**) a établi que les anesthésiques surexcitent la respiration en même temps qu'il y a, selon Puriewitch (**48**), digestion des matières de réserve. Là encore, la croissance est en relation directe avec l'abaissement osmotique.

Il est nécessaire de remarquer ici que si l'abaissement osmotique peut être considéré comme la cause initiale de la croissance, l'élaboration de matière vivante va entraîner à son tour la consommation des réserves accumulées dans le suc cellulaire et par suite une nouvelle diminution de la pression osmotique. Provoqué par les modifications des échanges gazeux, le phénomène de croissance doit donc se continuer progressivement, en diminuant peu à peu d'intensité, jusqu'à l'épuisement de la majeure partie des réserves, et la suractivité apparaît comme le *déclanchement* qui l'occasionne. Pour une nouvelle période de croissance, il faudra tout d'abord provoquer la formation de nouvelles réserves, de telle sorte que les conditions les plus favorables au développement de la plante seront réalisées lorsqu'on fera varier *périodiquement* la concentration du milieu *interne*.

Les considérations précédentes s'accordent bien d'ailleurs avec les idées émises par Giard (**21**) au sujet de l'anhydrobiose et de la parthénogénèse expérimentale, puisqu'il admet que la déshydratation suivie d'un abaissement osmotique est la condition déterminante de la croissance et de la segmentation.

Cas des plantes halophytes. — La carnosité manifestée par les plantes des terrains salés présente quelques analogies avec le nanisme des plantes alpines ; il y a dans les deux cas épaississement du limbe de la feuille, accroissement de diamètre et réduction de longueur de la tige ; néanmoins le faciès des deux catégories de plantes est sensiblement différent. Si nous remarquons que l'accroissement osmotique est occasionné d'un côté par des composés hydrocarbonés et de l'autre par le chlorure de sodium, nous serons en droit d'attribuer ces facies distincts à la *nature spécifique des substances actives.*

7° *Influence de la concentration sur les divisions cellulaires.* — En rappelant précédemment les recherches de Gauchery, j'ai signalé l'absence ou tout au moins le faible développement des formations secondaires chez la plupart des plantes atteintes de nanisme dit constitutionnel ; j'en attribuerais volontiers la cause à l'insuffisance de la nutrition et je citerai à l'appui de cette opinion l'apparition tardive de ces formations dans les racines aériennes mal nourries de certaines Clusiacées et Pipéracées (**58**), de même que chez les racines adventives de *Stachys silvatica*, *Mentha aquatica*, *Myriophyllum*, *Hippuris*, *Lysimachia nummularia* lorsqu'elles viennent à se développer dans l'eau (Van Tieghem).

J'ai montré d'autre part que la concentration en azotate de potassium facilite le fonctionnement de l'assise génératrice intralibérienne, et l'on peut penser qu'à la condition de nutrition réalisée par le salpêtre, il faut joindre aussi une pression osmotique suffisante. C'est ainsi que j'ai déjà interprété (**35**) par des troubles osmotiques résultant des blessures, la formation des tissus cicatriciels et le cloisonnement accidentel observé par Bonnier (**9**) sur des racines d'Orchidées. Il est donc vraisemblable qu'en expérimentant sur les Renonculacées, qui pour la plupart ne présentent de formations secondaires qu'à une époque tardive de leur développement, on parviendrait à hâter sensiblement le fonctionnement des assises génératrices par l'addition des substances nutritives en solutions suffisamment concentrées.

La plupart des particularités de structure qui se trouvent en rapport avec la formation de couches génératrices anormales s'observent chez les végétaux qui se sont adaptés à des pressions osmotiques élevées. C'est le cas des Chénopodiacées qui rentrent dans la catégorie des plantes halophytes ; c'est également le cas de beaucoup de plantes tuberculeuses ou charnues.

Je rappellerai simplement le fonctionnement de l'assise péricyclique dans la tige et la racine des Chénopodiacées et la présence de faisceaux concentriques à bois interne dans l'écorce de la tige de diverses Mélastomacées et de certaines Joubarbes (Van Tieghem) (**59**) ; dans la racine tuberculeuse de l'Aconit (Marié) (**40**) et des Œnanthe (Géneau de Lamarlière) (**29**), parfois même de la Fève, des Pois (Van Tieghem) et de la Betterave ; enfin l'existence de faisceaux à liber interne dans le rhizome de la Rhubarbe.

Lorsqu'on suit le développement de ces systèmes concentriques chez la Rhubarbe, on peut constater facilement qu'ils dérivent de faisceaux libéro-ligneux normaux dans lesquels l'assise génératrice intralibérienne ne s'est pas localisée entre le bois et le liber, mais s'est étendue progressivement à la périphérie de ce dernier, de manière à l'envelopper complètement. C'est un mécanisme analogue qui se manifeste dans les racines tuberculeuses des Ombellifères du groupe des Œnanthe, avec cette particularité que le cambium entoure non plus le liber, mais le bois primaire, déterminant ainsi des faisceaux concentriques inverses de ceux de la Rhubarbe, c'est-à-dire à liber externe. Enfin nous retrouvons ces mêmes anomalies de structure réalisées expérimentalement dans mes cultures de Pois sur glycérine (**33**) ; ici la couche génératrice normale, après avoir fourni quelques éléments de bois secondaire, s'incurve vers l'intérieur de la racine de manière à les envelopper complètement, donnant ainsi des faisceaux concentriques à bois interne indépendants des faisceaux de bois primaire, et comme chez les Œnanthe la différenciation des éléments issus du cambium est souvent tardive ou à peine indiquée.

Le phénomène ne s'observant qu'aux concentrations les plus élevées que la plante soit capable de supporter, il n'est guère douteux que l'augmentation de pression osmotique interne n'en soit la cause directe comme elle est la cause directe du cloisonnement du péricycle qui se manifeste en même temps.

Réciproquement, on peut penser que la tubérisation de la racine des Œnanthe ou du rhizome de la Rhubarbe résulte d'une augmentation de pression osmotique interne en rapport avec l'activité de la fonction chlorophyllienne, et il serait intéressant de rechercher si ce caractère est suffisamment fixé par l'hérédité pour qu'il soit impossible de le faire disparaître par des cultures en milieux convenables.

Si j'ajoute que les modifications déterminées par la glycérine ne peuvent être réalisées avec le glucose au même degré de concentration et que d'autre part ces anomalies ne s'observent pas dans les mêmes conditions chez d'autres espèces végétales, il faut conclure que

Les divisions cellulaires dépendent à la fois : 1° de la pression osmotique interne ; 2° de la nature des substances actives ; 3° des propriétés spécifiques du protoplasma qui réagit.

Ce sont ces mêmes facteurs qui interviennent dans la tubérisation expérimentale, conséquence des cloisonnements cellulaires très actifs chez la Pomme de terre (Bernard) (**1**), le Radis ou l'Oignon (Molliard) (**42**). Enfin il n'est pas douteux que la tubérisation de la région tigellaire signalée par Flot (**18**) chez diverses plantes ligneuses ne se trouve en rapport avec la pression osmotique plus élevée qui se manifeste dans la plantule au moment de la germination.

Je rappellerai finalement l'analogie de structure entre les galles de *Sedum Telephium* observées par Houard (**25**) et mes cultures sur glycérine et l'interprétation que j'en ai donnée dans une note antérieure (**34**).

Si nous voulions pénétrer plus avant dans le mécanisme de la division cellulaire, nous pourrions rappeler l'opinion de Houssay (**26**), qui considère le noyau comme l'ensemble des éléments de la cellule à pression osmotique maximum, la membrane nucléaire résultant de la différence de tension superficielle entre le protoplasme et le noyau, et les centrosomes n'étant autre chose que des centres d'osmose. On pourrait alors émettre l'hypothèse suivante au sujet de la karyokynèse :

Lorsqu'on fait varier la pression osmotique interne d'une cellule, on fait varier en même temps la différence entre la tension superficielle du noyau et celle du protoplasme, et pour une certaine pression critique variable d'une espèce à une autre, peut-être aussi d'un tissu à un autre, cette différence passerait par un minimum, de telle sorte que le moindre trouble osmotique pourrait amener la disparition de la membrane et provoquer les figures karyokynétiques. Plus faible pour les cellules intralibériennes des Dicotylédones et des Gymnospermes, cette concentration critique serait plus élevée pour les cellules péricycliques de la racine de Pois et plus élevée encore pour les autres cellules du conjonctif du cylindre central, et l'absence de formations secondaires chez les Monocotylédones tiendrait peut-être à ce fait que dans les conditions habituelles de leur développement ces végétaux s'en maintiennent trop éloignés.

Conclusions. — Si nous cherchons à dégager, de l'ensemble des faits précédemment exposés, les facteurs internes qui interviennent dans la variation chez les végétaux, il nous sera facile d'établir qu'on peut les réduire à deux :

1° Les changements de pression osmotique qui occasionnent des changements de turgescence;

2° La nature spécifique des substances capables d'agir osmotiquement.

Et si toute l'action du milieu extérieur se borne réellement à modifier l'un ou l'autre de ces deux facteurs, nous pourrons indiquer une méthode générale qui nous permettra d'obtenir à coup sûr toute la racine des variations dont une plante est *actuellement* susceptible. Il suffira de la cultiver *pendant plusieurs générations* dans des solutions nutritives de concentration progressivement croissante, et dans lesquelles on aura introduit, avec l'ensemble des aliments indispensables, toute la série des substances non toxiques capables d'être tolérées jusqu'à des doses assez élevées. Le sel marin, le glucose, le saccharose, la glycérine, rentrent déjà dans cette catégorie, mais il est vraisemblable qu'un certain nombre d'autres pourront être expérimentées avec succès.

Sans doute les agents physiques tels que la chaleur, la lumière, l'électricité (les divers radiations en général), peut-être même la pesanteur à titre d'excitant du protoplasme seront indispensables pour réaliser un certain nombre de modifications, parce que nous ignorons souvent l'ensemble des changements chimiques ou osmotiques qu'ils peuvent déterminer dans la cellule, et il nous faudra, pour longtemps encore, combiner leur action avec celle des facteurs précédents, mais leur intervention ne sera jamais qu'indirecte dans la variation.

Et si la plupart de nos espèces actuelles maintiennent sensiblement constants leurs caractères anatomiques et morphologiques, c'est que les conditions extérieures varient dans des limites trop étroites pour amener de sérieux troubles osmotiques ou pour provoquer des modifications appréciables dans le chimisme de la plante. On s'explique ainsi la constance relative du degré cryoscopique pour une espèce donnée telle que l'a établie Cavara. Mais on comprend tout aussi bien comment les cultures répétées de Vilmorin sur sols riches amènent progressivement l'affolement de l'espèce, c'est-à-dire des changements de forme et de structure en rapport avec un nouvel équilibre osmotique.

D'une manière générale, je ne serais pas éloigné de penser que la production de variétés nouvelles résulte moins d'un changement dans le chimisme de la plante que d'une adaptation à une nouvelle pression de turgescence. Nos plantes de culture seraient ainsi dérivées des plantes sauvages grâce à un accroissement osmotique qui aurait été obtenu à la fois par la culture en sols riches et par la sélection des semences, par un changement de climat et aussi par les procédés de taille et de pincement. Dès que l'on néglige l'une ou l'autre de ces méthodes, la variété « dégénère » selon l'expression des horticulteurs, c'est-à-dire subit dans sa morphologie externe comme dans sa structure anatomique des modifications en rapport avec l'abaissement osmotique.

La nécessité d'un assez grand nombre de cultures successives pour parvenir à la variation pourrait même s'expliquer par l'adaptation des graines à une certaine concentration osmotique. J'ai déjà montré (**33**) par quel mécanisme d'autorégulation je croyais pouvoir interpréter l'influence considérable du poids des graines ensemencées sur la vigueur des plantes qui en résultent.

Si d'une part les propriétés que nous appelons héréditaires concourent à maintenir constant le degré cryoscopique, d'autre part l'influence du milieu extérieur tend à le faire varier, d'où une légère modification dans la constitution des semences. D'une génération à l'autre, ces variations s'ajoutent ou se retranchent selon les conditions de milieu ; le mérite de Vilmorin est précisément d'avoir pu déterminer les conditions qui permettent l'addition de ces caractères variables, car sa méthode consiste essentiellement à employer comme porte-graines les types qui ont varié (dans le sens accroissement osmotique) par rapport au type antérieur.

La plus belle application qui en ait été faite est relative à la Betterave à sucre, où la sélection raisonnée des porte-graines combinée avec une plantation serrée et avec l'apport de fortes doses d'engrais a permis d'obtenir des racines renfermant jusqu'à 16 et même 18 pour cent de sucre, alors qu'autrefois leur richesse ne dépassait guère 8 à 10 pour cent.

Les recherches nouvelles d'anatomie expérimentale auront donc besoin d'être complétées désormais à la fois par l'étude des échanges gazeux *dans les conditions mêmes de développement de la plante* et par la détermination de la pression osmotique interne à l'aide de la cryoscopie ou des essais de plasmolyse.

Enfin le plus puissant argument que je puisse faire valoir en faveur de mes conclusions réside dans leur application directe au règne animal. Les quelques exemples de modifications expérimentales que nous connaissons chez les animaux peuvent être ramenés précisément à des changements de pression osmotique ou de nature spécifique des substances actives.

Les modifications dans la pigmentation provoquées par les variations de température et d'éclairement chez les Vanesses, les Salamandres, etc., trouvent évidemment leur cause interne dans les réactions chimiques que peuvent déterminer ces deux facteurs externes, et l'on peut s'étonner que la méthode des cultures en milieux liquides, qui a fourni aux botanistes de si utiles indications, n'ait pas été plus fréquemment tentée par les zoologistes. Il semble, ainsi que l'a montré M^me^ Metchnikoff, que la récolte des œufs de beaucoup d'animaux aquatiques dans des conditions rigoureuses d'asepsie et leur culture en milieux stérilisés ne présente pas de difficultés insurmontables, et par les variations du milieu de culture, surtout par l'introduction de substances organiques directement assimilables, il est vraisemblable qu'on parviendrait à obtenir des modifications intéressantes et à démêler le rôle de la pression osmotique et l'action spécifique des substances chimiques comme j'ai pu le faire chez les végétaux.

Enfin, le cas d'*Artemia salina* nous montre jusqu'à l'évidence le rôle de la concentration en chlorure de sodium agissant sur les

Crustacés comme elle agit sur les plantes halophytes; il nous laisse entrevoir en même temps que les variations de salure ont joué autrefois un rôle important dans l'évolution des formes marines, tout au moins des groupes chez lesquels on observe, d'après René Quinton, une adaptation osmotique au milieu extérieur. Et si nous admettons avec le même auteur que la concentration générale des mers a été croissant depuis l'apparition des premiers êtres vivants jusqu'à nos jours, on peut se rendre compte de la nécessité d'une évolution continue.

Cette continuité dans les modifications survenues chez les êtres vivants n'est d'ailleurs pas incompatible avec la *saltation* comme l'indiquent mes cultures de Pois sur glycérine. Tant que la concentration se maintient au-dessous de cette limite (en moyenne, 0,20 Pm. AzO^3K par litre) on n'observe guère qu'un accroissement régulier du diamètre transversal des cellules ; mais, dès qu'on a franchi cette concentration critique, selon l'expression de Noël Bernard, la variation devient brusque et se manifeste par le cloisonnement du péricycle ; pour des pressions osmotiques encore plus élevées, les cloisonnements s'étendent à l'ensemble du conjonctif du cylindre central de la racine, amenant un véritable affolement dans la structure comme Vilmorin obtient l'affolement dans les caractères morphologiques.

Sans vouloir prétendre que ce mécanisme est applicable à tous les cas de variation, on peut dire que les progrès continus de la concentration se traduisent ici par une succession de sauts brusques qui alternent avec autant de périodes à variation lente.

Il n'est donc pas nécessaire de faire intervenir une force directrice inconnue, indépendante des agents extérieurs, pour interpréter les phénomènes de mutation, aussi bien à l'époque actuelle que dans les temps anciens.

Récemment encore (**22**), à propos de la flore carbonifère, M. Grand'Eury affirmait que « la transmutation incroyable de tous les individus à la fois dans un court espace de temps de l'*Odontopteris Reichiana* en *Od. minor* est un phénomène de solidarité étranger au monde extérieur » ; et cependant il serait facile d'en trouver une interprétation plausible si nous admettions avec beaucoup de géologues que la proportion de gaz carbonique contenu dans l'atmosphère était plus élevée au début des temps des carbonifères, qu'elle a été constamment décroissant pendant toute cette période ; la diminution continue d'activité de la fonction chlorophyllienne aurait pu alors provoquer un changement brusque dans la morphologie externe de cette plante par un mécanisme exactement inverse de celui qui se trouve réalisé dans mes cultures de Pois.

En résumé, j'ai cherché à relier par une théorie générale les multiples observations d'anatomie expérimentale qui apparaissaient jusqu'ici comme autant de faits indépendants ; beaucoup de mes conclusions sont encore hypothétiques, mais la plupart sont susceptibles de vérification expérimentale. C'est donc à l'expérience qu'il appartiendra de démêler plus exactement, dans la multitude des faits d'observation, ceux qui sont justiciables de ma théorie. Pour éviter des redites fastidieuses, je n'ai pas toujours fait ressortir autant qu'il entrait dans ma pensée la part importante de l'hérédité, mais si certains lecteurs étaient tentés de m'objecter que je fais intervenir exclusivement les causes actuelles dans la variation, je les prierais de se reporter à ma note intitulée : « Substances ternaires et tubérisation » (**35**). Si j'ai pu apporter quelques éclaircissements sur les conditions de la lignification, j'ai par contre négligé volontairement, faute de données expérimentales suffisantes, toute tentative d'explication relative à la formation du liège et des tissus cutinisés ; j'aurais pu faire ressortir également avec Van Tieghem (**60**) que les divers tropismes ont leur origine dans les modifications de turgescence provoquées par la pesanteur, la lumière ou l'humidité ; mais comme l'a si justement fait observer le même auteur, si le problème qui consiste à déterminer le mécanisme de la croissance et de la structure peut se trouver ainsi reculé, il n'est pas résolu, et après avoir fait ressortir le rôle considérable de la pression osmotique dans les phénomènes biologiques, il restera toujours à déterminer la série des réactions, variables d'un protoplasme à un autre, qui amènent les changements de la turgescence.

Enfin, ce n'est pas seulement dans le domaine de l'anatomie expérimentale que me semblent devoir être appliquées les idées que j'ai soulevées ; elles me paraissent en outre donner la clef de la plupart des cas de *tératologie*, qu'ils soient dus à l'intervention d'un parasite, à un traumatisme ou à des causes purement internes ; une voie nouvelle pourrait donc se trouver ouverte pour ces deux sciences qui ne se contenteraient plus d'être descriptives, mais qui deviendraient en outre explicatives.

(D'après le *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences naturelles de Reims*).

BIBLIOGRAPHIE

1. Noël Bernard. *Les conditions physiques de la tubérisation.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 22 octobre 1902.
2. Noël Bernard, *Recherches expérimentales sur les Orchidées.* Rev. génér. de Botanique, t. 16, 1904.
3. Blaringhem. *Anomalies héréditaires provoquées par des traumatismes.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 6 février 1905.
4. Boirivant. *Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes.* Thèse de Paris, 1899.
5. Bonnier et Mangin. *Respiration et transpiration des Champignons.* Ann. des sc. nat., 6e série, t. XVII, 1884.
6. Bonnier et Mangin. *Recherches sur la respiration des tissus sans chlorophylle.* Ibid., 6e série, t. XVIII, 1884.
7. Gaston Bonnier. *Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées.* Rev. génér. de Botanique, t. 2, 1890.
8. Gaston Bonnier. *Influence de la lumière électrique continue sur la forme et la structure de la plante.* Rev. génér. de Botanique, t. 7, 1895.
9. Gaston Bonnier. *Production accidentelle d'une assise génératrice intralibérienne dans les racines de Monocotylédones.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 6 juin 1904.

9bis. Gaston Bonnier. *Les plantes du plateau des Nilghirris (Inde méridionale) comparées à celles des environs de Paris.* Rev. génér. de Botanique, 1905, p. 289.

10. Brandza. *Recherches anatomiques sur les hybrides.* Rev. génér. de Botanique, t. 2, 1890.
11. Cavara. *Ricerche crioscopiche sui vegetali.* (Extr. des Rendiconti del Congresso botanico di Palermo, Maggio 1902).
12. Costantin. *Etude comparée des tiges aériennes et souterraines des Monocotylédones.* Ann. des sc. nat., 6e série, t. XVI, 1883.
13. Costantin. *Structure de la tige des plantes aquatiques.* Ibid., 6e série, t. XIX, 1884.
14. Costantin. *Influence du milieu sur la racine.* Ibid., 7e série, t. I, 1885.

15. L. Daniel. *Comparaison anatomique entre le greffage, le pincement et la décortication annulaire.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 18 novembre 1901.
16. Ch. Dassonville. *Influence des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux.* Rev. génér. de Botanique, t. 10, 1898.
16bis. L. Dufour. *Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles,* 1887, 7e série, t. 5.
17. Félix de Fauconpret. *Recherches sur la respiration des végétaux.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 15 février 1864.
18. L. Flot. *Recherches sur la structure comparée de la tige des arbres.* Rev. génér. de Botanique, t. 2, 1890.
19. Jean Friedel. *L'assimilation chlorophyllienne aux pressions inférieures à la pression atmosphérique.* Rev. génér. de Botan. 1902, p. 337.
20. Gauchery. *Recherches sur le nanisme végétal.* Ann. des Sc. nat., 8e série, t. IX, 1899.
21. A. Giard. *Tonogamie ; la chose et le mot.* C. R. de la Soc. de Biologie, 19 mars 1904.
22. Grand'Eury. *Sur les mutations de quelques plantes fossiles du terrain houiller.* C. R. Académie Sc., 2 Janvier 1906.
23. Hegler. *Ueber dein Einfluss von Zugkräften auf die Festigkeit und die Ausbildung mechanischer Gewebe in Pflanzen.* Sitzungsber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissench., 1891.
24. C. Houard. *Sur l'accentuation des caractères alpins des feuilles dans les galles des Genévriers.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 2 janvier 1905.
25. C. Houard. *Recherches anatomiques sur les galles de tiges.* Bull. scientif. du Nord de la France et de la Belgique, t. XXXVIII.
26. Houssay. *La forme et la vie.* Paris 1900.
27. Henri Jumelle. *Recherches physiologiques sur les Lichens.* Rev génér. de Botanique, t. 4, 1892.
28. Kreusler. Landwirthschaftliche Jahrbücher, t. XVI, 1887.
29. G. de Lamarlière. *Recherches morphologiques sur la famille des Ombellifères* (Thèse de Paris, 1893).
30. G. de Lamarlière. *Sur la production expérimentale de tiges et d'inflorescences fasciées.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 26 juin 1899.
31. J. Laurent. *Recherches anatomiques et physiologiques sur le bois d'aileron.* Bull. de la Soc. d'étud. des sc. nat. de Reims, 1899.
32. J. Laurent. *Influence des matières organiques sur le développement et la structure de quelques Phanérogames.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 17 novembre 1902.
33. J. Laurent. *Recherches sur la nutrition carbonée des plantes vertes à l'aide de matières organiques.* Thèse de Paris, 1903, et Rev. génér. de Botanique, 1904.

34. J. LAURENT. *Action comparée de la glycérine et d'un parasite sur la structure des végétaux.* C. R. de la Soc. de Biologie, 10 juin 1904.

35. J. LAURENT. *Substances ternaires et tubérisation.* C. R. de la Soc. de biologie, 28 janvier 1905.

36. J. LAURENT. *Assimilations de substances ternaires par les plantes vertes.* Ibid.

37. J. LAURENT. *Etudes agronomiques. Résultats obtenus au Champ d'expériences de la Cerisaie.* N° 1, 1901 ; n° 2, 1902 ; n° 3, 1903.

38. P. LESAGE. *Recherches expérimentales sur les modifications des feuilles chez les plantes maritimes.* Rev. génér. de Botanique, t. 2.

39. A. LHOTELIER. *Recherches sur les plantes à piquants.* Ibid., t. 5, 1893.

40. MARIÉ. *Structure des Renonculacées.* Ann. des sc. nat., 6ᵉ série, t. XX, 1885.

41. MAZÉ. *L'assimilation des hydrates de carbone et l'élaboration de l'azote organique dans les végétaux supérieurs.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 1899.

42. MARIN MOLLIARD. *Sur la production expérimentale de Radis à réserves amylacées.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 21 novembre 1904.

42bis. MATRUCHOT et MOLLIARD. *Modifications produites par le gel dans la structure des cellules végétales.* Rev. génér. de Botanique, t. 14, 1902.

43. N. MORKOWINE. *Recherches sur l'influence des anesthésiques sur la respiration des plantes.* Rev. génér. de Botanique, t. 11, 1899.

44. E. PANTANELLI. — *Sulle regulazioni del turgore nelle cellule delle volgari muffe.* Nuovo Giorn. botan. italiano, vol. XI, fasc. III, Luglio, 1904.

45. E. PANTANELLI. — *Studi sull' albinismo del regno vegetale IV. Sul turgore delle cellule albicate.* Malpighia, anno XVII, fasc. III, IV. Genova, 1904.

46. W. PALLADINE. — *Influence de la lumière sur la formation des substances azotées vivantes dans les tissus des végétaux.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 1899.

47. S. POSTERNAK. — *Contribution à l'étude chimique de la fonction chlorophyllienne.* Rev. génér. de Botanique, t. 12, 1900.

48. K. PURIEWITCH. — *Sur la question de l'accumulation et de la dissolution de l'amidon dans la cellule végétale.* Bull. Soc. natural. de Kiew, t. XIV, 1898.

49. PRUNET. — *Recherches sur les nœuds et les entrenœuds de la tige des Dicotylédones.* Ann. sc. nat., 7ᵉ série, t. XIII, 1891.

50. René QUINTON. — *L'eau de mer, milieu organique,* Paris, 1903.

51. RAUWENHOFF. — *Sur les causes des formes anormales des plantes qui croissent à l'obscurité.* Ann. sc. nat., 6ᵉ série, t. IV, 1876.

51bis. RICÔME. — *Recherches expérimentales sur la symétrie des rameaux floraux.* Ann. sc. nat., 8ᵉ série, t. VII.

32. A. Ronna. — *Rothamsted. Un demi-siècle d'expériences agronomiques de MM. Lawes et Gilbert.*

53. Sagot. — *Végétation des plantes potagères d'Europe sous l'Equateur.* Bull. Soc. botan. de France, 1862.

54. C. Sauvageau. — *Contribution à l'étude du système mécanique dans la racine des plantes aquatiques. Les Zostera, Cymodocea et Posidonia.* Journ. de botan., 16 mai 1889.

55. C. Sauvageau. — *Sur les feuilles de quelques Monocotylédones aquatiques.* Ann. Sc. nat., 7e série, t. XIII, 1891.

55bis. Th. Solacolu. — *Influence de quelques aliments minéraux sur les fonctions et la structure des végétaux.* Thèse Paris, 1905.

56. B. Stange. — *Beziehungen zwischen Substratconcentration, Turgor und Wachsthum bei einigen phanerogamen Pflanzen.* Bot. Zeitung, 50e année, n° 16, 1892.

57. Teodoresco. — *Influence de l'acide carbonique sur la forme et la structure des plantes.* Rev. génér. de Botanique, t. XI, 1899.

58. Van Tieghem. — *Recherches sur la symétrie des plantes vasculaires.* Ann. sc. natur., 5e série, t. XIII, 1870-71.

59. Van Tieghem et Douliot. — *Sur la polystélie.* Ann. sc. natur., 6e série, t. III, 1886.

60. Van Tieghem. — *Traité de Botanique*, t. I, p. 663, 1891.

61. Van Rysselberghe. — *Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu.* Bruxelles, 1899.

62. B. Verlot. — *Sur la production et la fixation des variétés dans les plantes d'ornement.*

SUR DEUX BURSÉRACÉES INDO-CHINOISES (1)

par M. A. GUILLAUMIN

(PLANCHES 11 et 12)

I. BURSERA TONKINENSIS (n. sp.).

D'après les Monographies des Burséracées faites par Engler en 1883 dans le *Monographiæ Phamerogamarum,* puis en 1896 dans les *Naturliche Pflanzenfamilien*, la zone de dispersion du genre Bursera semble limitée d'une part entre le 23° de latitude sud et le 32° de latitude nord et d'autre part entre le 42° de longitude Est et le 94° de longitude Ouest (Méridien de Paris).

Les quarante espèces qu'on admet dans ce genre appartiennent donc exclusivement à l'Amérique tropicale ou subtropicale car les plantes décrites dans l'Assam et le Bengale oriental sous le nom de *Bursera serrata* par Colebrooke (2), Hooker (3) et Brandis (4) ont été reconnues comme étant des *Protium* à cause de leur fruit et de leur préfloraison.

Sur ces 40 espèces : 28 sont exclusivement signalées au Mexique, 3 aux Antilles, 5 au Vénézuela et en Columbie, 2 au Brésil.

Seules, 2 espèces ont une aire de dispersion plus étendue : le *Bursera graveolens* Triana et Planchon a en effet été rencontré dans les Antilles, en Columbie, au Pérou et dans les îles Galapagos et le *Bursera gummifera* Jacquin ou plutôt *Bursera Simaruba*

---

(1) Je remercie M. le professeur Lecomte de l'amabilité avec laquelle il a bien voulu me communiquer au Laboratoire colonial du Muséum les Burséracées des divers herbiers d'Indo-Chine.

(2) Transactions of the Linnean society, XV, p. 361 et pl. IV.

(3) Flora of British India, p. 530.

(4) The forest Flora, p. 61.

Linné (1) a été signalé au Mexique, en Floride, aux Antilles, dans l'Amérique centrale et au Vénézuela.

Toutefois, dans les plantes du Tonkin recueillies par Balansa de 1885 à 1889 se trouvent 2 échantillons fleuris et feuillés qui doivent être rapportés au genre *Bursera*.

L'aspect extérieur, le port, les feuilles sont en effet bien d'un *Bursera*; la forme presque plane du réceptacle, la présence d'un disque nectarifère entourant la base de l'ovaire, la corolle dialypétale à préfloraison imbriquée et la forme de l'ovaire sont également des caractères de ce genre.

Par ailleurs, l'anatomie de la tige qui décèle la présence de grandes cellules scléreuses dans le péricycle et l'absence de cellules lignifiées dans l'écorce, conduit au même résultat : on se trouve donc là certainement en présence d'un *Bursera*.

C'est — suivant l'observation de Balansa — un arbre de 6 à 8 m. de haut, à écorce d'un brun rougeâtre, entièrement glabre. Les feuilles sont réunies ainsi que les inflorescences à l'extrémité des rameaux ; elles sont alternes (4 par cycle) composées, pari- ou impari- pennées à 3, 4 ou 5 paires de folioles distantes de 2,5 à 4 cm.

Les pétioles atteignent et dépassent même 25 cm. de long; les folioles, portées par un pétiolule de 2 à 7 mm. de long, sont membraneuses, asymétriques (les deux parties du limbe n'étant pas égales de part et d'autre du rachis), en ellipse allongée quand elles sont jeunes, ovales quand elles ont atteint leur complet développement, arrondies à la base et insérées obliquement sur le pétiolule, terminées par un acumen (7 à 8 mm. de long sur 4 à 5 mm. de large) le plus souvent arrondi à son extrémité.

La longueur totale de la foliole adulte, non compris le pétiolule, est d'environ 7 cm. Les nervures secondaires, au nombre de 5 à 6 de chaque côté de la nervure médiane sont assez saillantes et se réunissent les unes aux autres près du bord du limbe par un arc vasculaire; les nervures tertiaires sont à peine saillantes.

Les inflorescences, constituées par des grappes de cymes ou des grappes composées de cymes (7 à 12 cm. de long) sont groupées sur une même région du rameau et présentent des ramifications de 1er ordre naissant à l'aisselle de bractées triangulaires (environ 1 cm. de long sur 0,5 de large) portées par un petit pétiole d'environ 2 mm. de long. Les pédicelles floraux sont de longueur légèrement supérieure à celle de la fleur.

---

(1) Dans le *Monographiæ Phaneragamarum*, vol. IV, p. 39, Engler, comme ses prédécesseurs, avait employé le nom de *Bursera gummifera* (Jacquin) ; dans les *Naturliche Pflanzenfamilien* III, 3-3, p. 248, il introduit une correction en remplaçant le nom spécifique de *gummifera* (Jacquin) par celui de *Simaruba* (Linné) qui a la priorité.

Le calice est presqu'égal à la corolle, profondément divisé en 5 lobes ovales, aigus à leur extrémité; la corolle est blanchâtre, dialypétale, à 5 pièces semblables aux lobes du calice quoique plus aigus.

L'androcée est formé de 10 étamines, 5 plus longues épisépales presqu'égales aux pétales, 5 plus courtes épipétales; les filets, libres, insérés sans concrescence au bord extérieur du disque nectarifère qui entoure la base de l'ovaire portent des anthères oblongo-triangulaires ou trapézoïdes, fixées dorsalement et dont les deux loges sont légèrement divergentes à la base.

L'ovaire, ovoïde, surmonté d'un style court terminé par un stigmate trilobé, est à 3 loges; chacune des loges renferme 2 ovules hyponastes à micropyle supère comme d'ailleurs chez toutes les Burséracées.

Les échantillons, recueillis au commencement de mai, portaient des fleurs les unes épanouies, les autres en bouton.

Ces arbres ont été rencontrés dans des terrains calcaires à Ké So, station de missionnaires voisine de Phu Ly, dans la province d'Haï Nam.

En résumé, ces plantes ressemblent beaucoup au *Bursera Simaruba* d'Amérique par leur pétiole non ailé, leurs folioles glabres des 2 côtés, à bords entiers, ovoïdes, acuminées et par la disposition des pièces florales; toutefois les fleurs de *B. Simaruba* ont une forme différente : les pétales y sont souvent étalés, surtout dans la fleur mâle tandis que chez la plante qui nous occupe (l'échantillon ne porte que des fleurs hermaphrodites), les fleurs complètement épanouies ont une corolle concave; d'autre part les lobes sépalaires de *B. Simaruba* sont 2 1/2 à 3 fois plus courts que les pétales tandis qu'ici ils sont subégaux avec une extrémité sensiblement plus aiguë.

Enfin l'habitat asiatique du *Bursera Tonkinensis*, alors que tous les autres Burséracées connus sont américaines, est un caractère des plus intéressants.

Aussi, malgré l'absence de fruits qui, sans doute, eussent apporté d'intéressants caractères de distinction, est-on amené, en se basant sur l'habitat, la forme de la fleur et la longueur relative des lobes du calice et des pétales, à considérer la plante de Balansa comme une forme nouvelle du genre *Bursera*.

II. GARUGA PIERREI (n. sp.)

C'est un arbre de 6 à 8 mètres de haut. Les jeunes rameaux sont d'un gris bleu d'acier, les vieux, brunâtres ; les lenticelles peu nombreuses, saillantes, tranchent sur la couleur de l'écorce par leur teinte fauve.

Les feuilles et les inflorescences sont réunies à la partie terminale des rameaux.

Les feuilles, composées imparipennées (20 à 25 cm. de long non compris la foliale terminale), sont entièrement glabres, même quand elles sont jeunes ; les folioles au nombre de 5 à 6 paires, sont membraneuses, glabres, presque sessiles ou portées par un pétiolule atteignant au plus 1 mm. Elles mesurent de 6 à 7 cm. de long sur 3 à 4 cm. de large et sont arrondies à la base ; la plupart du temps, elles sont insérées obliquement sur le pétiolule. Le limbe se termine par un acumen court (0,5 cm. au plus) arrondi à son extrémité ; les bords présentent des crénelures arrondies et irrégulières.

Les nervures secondaires sont ténues, saillantes, au nombre d'une dizaine ; les nervures tertiaires forment un réseau assez serré dessinant souvent de petits rectangles.

Les inflorescences sont en grappes de cymes de 10 à 11 cm. de long.

Les fleurs sont portées par un pédoncule légèrement plus long qu'elles : l'axe d'inflorescence, ses ramifications et les pédoncules floraux sont recouverts de poils serrés et courts de couleur roussâtre. Le réceptacle est coriace, sphérique, très poilu en dehors, surmonté de 5 lobes sépalaires légèrement évasés, poilus, sensiblement aussi longs que le réceptacle. Les pétales également au nombre de 5 sont réfléchis, moins poilus que les lobes sépalaires et deux fois plus longs qu'eux.

L'androcée comprend 10 étamines, 5 plus longues épisépales, 5 plus courtes épipétales ; les filets recouverts surtout vers la base de longs poils peu serrés, sont presqu'égaux aux anthères quant à la longueur et insérés dorsalement.

L'ovaire, inséré au fond du réceptacle, est ovoïde, à 5 loges biovulées. Il est surmonté par un long style dépassant la partie réfléchie des pétales et terminé par un stigmate cylindrico-globuleux à 5 lobes. Les ovules sont, comme chez toutes les Burseracées, à micropyle supère.

Le fruit est drupacé, ovoïde, légèrement comprimé latéralement, terminé par une petite pointe et couvert de poils roussâtres très serrés : il contient d'ordinaire 2 noyaux.

Cette plante a été recueillie par L. Pierre dans les M^{ts} Sral (province de Samrong Tong, Cambodge).

Les filets des étamines qui portent, surtout vers la base, de longs poils, éloignent cette espèce de *Garuga Pacifica* (Burkill) où ils sont presque glabres et la rapprochent des autres espèces (*G. pinnata* Roxburg, *G. floribunda* Decaisne et *G. mollis* Turczianinoff.) où ils sont plus ou moins recouverts vers la base de poils courts.

Chez le *G. Pierrei*, les feuilles sont toujours glabres même à l'état jeune, ce qui le distingue de toutes les autres espèces.

Les affinités de *G. pinnata* se manifestent par le peu de longueur du pétiole et par la pubescence des pétales sur les deux faces, avec le *G. floribunda* par l'acumen court.

Le *G. Pierrei* ressemble encore à ces deux espèces par ses folioles adultes glabres, mais en diffère par son fruit couvert de poils serrés. Enfin, la forme sphérique du réceptacle est typique.

Les affinités de cette nouvelle espèce semblent donc être principalement avec *G. pinnata* et *G. floribunda*, de sorte que les cinq espèces du genre peuvent se grouper de la manière suivante :

- Étamines poilues surtout à la base.
  - Feuilles toujours glabres . . . . 1. *G. Pierrei* (n. sp.).
  - Jeunes feuilles poilues. . .
    - Feuilles adultes glabres . . .
      - Pétiolule très court. Acumen long. . 2. *G. pinnata* (Roxb.).
      - Pétiolule assez long, acumen court . . . . 3. *G. floribunda* (Dcsne).
    - Feuilles adultes couvertes de poils courts et serrés. . . 4. *G. mollis* (Turcz).
- Étamines glabres ou presque. . . . . 5. *G. pacifica* (Burkill.).

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche 11

Bursera Tonkinensis

Fig. 1. — Rameau fleuri (2/3 grandeur naturelle).
Fig. 2. — Bouton (grossissement : 10-diamètres).
Fig. 3. — Fleur épanouie (grossissement : 10 diamètres).
Fig. 4. — Fleur épanouie, coupe longitudinale (grossissement : 10 diamètres).
Fig. 5. — Ovaire, coupe transversale (grossissement : 25 diamètres).

Planche 12

Garuga Pierrei

Fig. 1. — Rameau fleuri (1/3 grandeur naturelle).
Fig. 2. — Bouton (grossissement : 3 diamètres).
Fig. 3. — Fleur épanouie, coupe longitudinale (grossissement : 6 diamètres).
Fig. 4. — Ovaire, coupe transversale (grossissement : 25 diamètres).
Fig. 5. — Stigmate (grossissement : 25 diamètres).

LE GUINSI ET LE CRAM-CRAM

par M. Marcel DUBARD

Il y a quelque temps, le Capitaine Aymard envoyait au laboratoire colonial du muséum un échantillon de graines et d'épillets appartenant à une graminée assez curieuse de la région nigérienne. C'est le *Guinsi* des Sonrhays, l'*assral* des Touaregs, très abondante dans les terrains sablonneux où elle vit côte à côte avec une autre graminée assez analogue, le *Cram-Cram* des Sonrhays (*Ouezei* des Touaregs).

Ces deux plantes se développent spontanément et ne sont l'objet d'aucune espèce de culture ; lorsque les graines sont mûres, elles tombent sur le sol et lèvent immédiatement grâce à la rosée des nuits, de sorte qu'on trouve à un moment donné ces deux graminées à tous les états de développement ; à côté de jeunes tiges se rencontrent des pieds âgés qui ont formé leurs graines et achevé leur évolution.

Les graines de ces plantes sont très précieuses pour les populations nigériennes qui, sans aucune peine, trouvent ainsi un large appoint à leur alimentation. Après les avoir débarrassées des enveloppes piquantes qui les entourent, les indigènes les pilent dans des mortiers et en préparent une farine qu'ils apprécient beaucoup et avec laquelle ils confectionnent plusieurs plats peu nutritifs, mais d'un goût agréable ; par fermentation ces graines servent en outre à la préparation d'une boisson qui rappelle assez la bière de mil.

Les Touaregs emportent souvent comme vivres de réserve, au cours de leurs excursions, une préparation semi-liquide, obtenue en faisant fermenter un mélange de lait aigre, de fromage pulvérisé et de farine de Guinsi ou de Cram-Cram ; le produit est enfermé dans des peaux de bouc et leur sert à la fois de nourriture solide et de boisson ; il a l'avantage, disent-ils, de diminuer la transpiration.

Les tiges de ces graminées paraissent constituer un fourrage de bonne qualité ; elles sont très recherchées des hervivores, avant la fructification.

Je n'ai pu, faute de documents, déterminer exactement l'espèce à laquelle appartient le Cram-Cram, c'est sans doute un *Pennisetum*. Quand au guinsi, c'est une herbe à tiges grimpantes, ne se multipliant que par graines et appartenant au genre *Cenchrus*. M. Stapf, qui a examiné l'échantillon, le rapporte au *C. biflorus* Roxb ; c'est une variété de l'espèce type que je dédie au capitaine Aymard ; elle est répandue dans tout le Soudan depuis la mer Rouge jusqu'au Sénégal. L'espèce type présente une extension encore plus considérable, puisqu'elle s'étend en outre sur l'Arabie tropicale et sur l'Inde septentrionale.

Les épillets de guinsi sont groupés en épis cylindriques denses ; ils sont entourés d'un involucelle courtement pédicellé ; chaque involucelle comprend 1 ou plus rarement 2 épillets ; il est constitué par une douzaine de piquants, raides, poilus sur les bords, en forme de dents de peigne, qui sont soudés sur leur tiers en une sorte de cupule , ces piquants sont dangereux pour les voyageurs, car ils s'accrochent aux vêtements et provoquent sur la peau des plaies difficiles à guérir.

A l'intérieur d'un involucelle renfermant 1 seul épillet, on trouve, enveloppant le grain, deux glumes minces, membraneuses, ovales, aiguës, légèrement inégales et deux glumelles coriaces, parcheminées, subaiguës, s'appliquant étroitement sur le caryopse ; celui-ci est de teinte jaunâtre, ovoïde, un peu aplati, légèrement pointu aux deux extrémités et à peu près de la taille d'un grain de petit mil.

RECHERCHES

SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES

ET

SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE

par M. **Léon FLOT** (*Fin*).

PLANTES A FEUILLES ALTERNES

Les plantes à feuilles distiques nous ont montré une structure plus compliquée que les plantes à feuilles opposées. Il nous reste maintenant à étudier quelques types dans lesquels la disposition des feuilles semble au premier abord rendre moins facile l'étude de la constitution de la tige, je veux dire les plantes à feuilles alternes. Pour partir d'un exemple simple, je commencerai par la description du Bouleau, dont les feuilles sont en disposition tristique, c'est-à-dire disposées sur trois rangées verticales.

BETULA ALBA L. (Bouleau).

Il y a lieu, tout d'abord, de rechercher si la naissance de la feuille se produit suivant le mode que nous avons observé dans la première partie de ce travail. Nous commencerons donc par l'étude d'une coupe longitudinale pratiquée dans un jeune semis de Bouleau, en période d'activité végétative. Bien que j'en aie étudié plusieurs exemplaires, je me bornerai à en décrire un seul, qui est caractéristique.

SOMMET VÉGÉTATIF, COUPE LONGITUDINALE.

La figure 129 représente le sommet végétatif avec la première feuille F_1 : Les initiales sont en *ié* pour le méristème épidermique, *ic* pour le méristème cortical, *iv* pour le méristème vasculaire.

Le méristème épidermique est simple. Le méristème cortical n'a qu'une assise au sommet de la plante, ainsi qu'à la partie supérieure de la feuille; mais vers la base du premier segment foliaire, il se dédouble, en *c'* : C'est un fait que nous avons souvent constaté précédemment.

En partant de la cellule *iv* et en suivant les assises du méristème vasculaire vers la gauche, nous voyons leur nombre s'augmenter peu à peu, en *vφ* par exemple. Ces dédoublements d'assises sont causés par le voisinage de la feuille *vφ*, qui commence à s'organiser au-dessus de la feuille F_1, avec une divergence voisine de 120°. Il semble résulter de la présence et de l'organisation précoce de cette région méristématique que la croissance du méristème vasculaire est continue. Nous pourrons, un peu plus loin, vérifier, à propos du bourgeon terminal, ce fait de la continuité de croissance des premiers segments foliaires, et de même que nous avons pu constater cette continuité dans les plantes à feuilles distiques, par une sorte d'oscillation dans un plan, de même il semble que cette continuité se manifeste ici suivant une courbe spirale ascen-

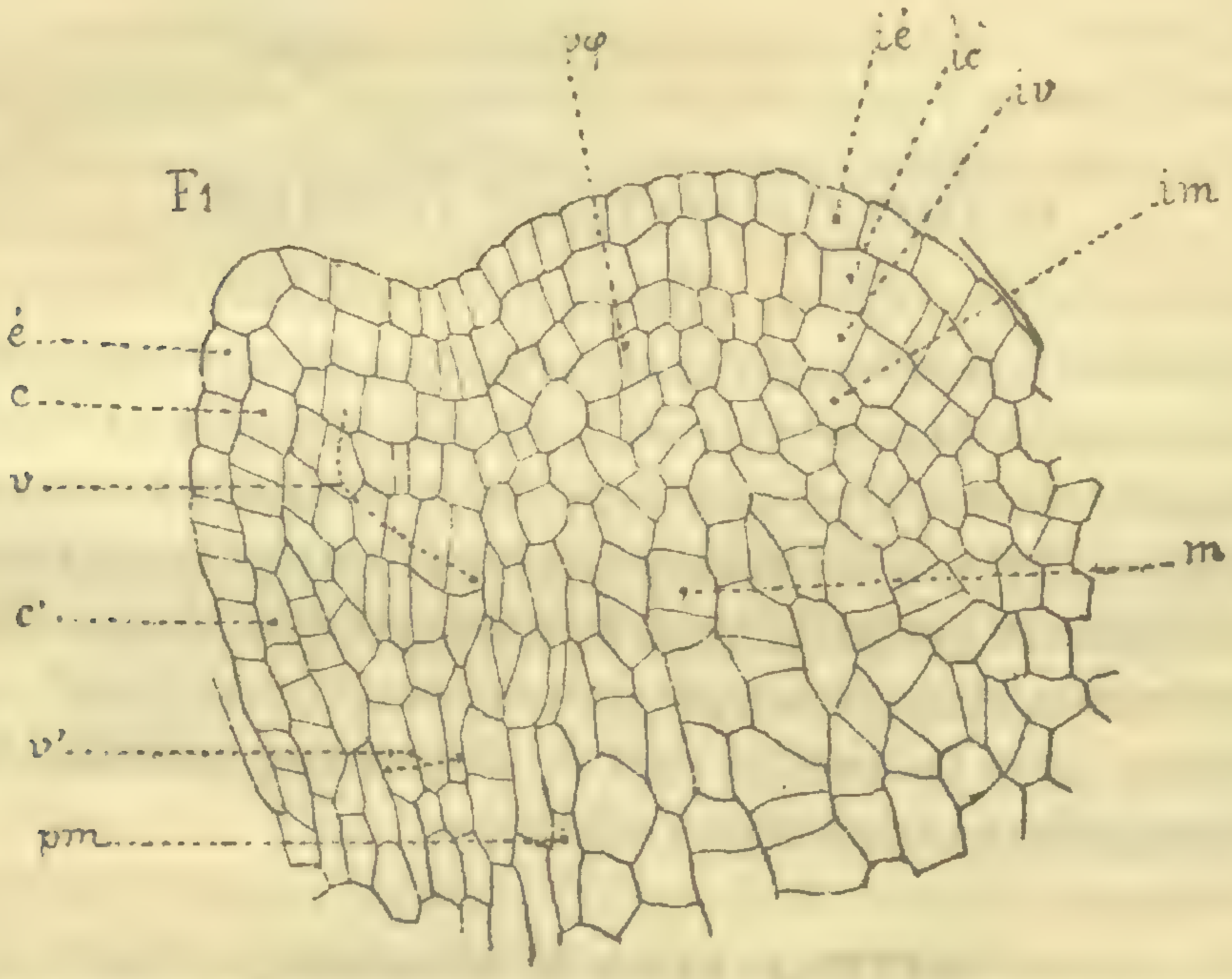


Fig. 129. — *Betula alba.* Point végétatif. *ié*, *ic*, *iv*, *im*, initiales épidermique, corticale, vasculaire. médullaire ; *F1*, premier segment foliaire ; *é*, épiderme ; *c*, méristème cortical, dédoublé en *c'* ; *vf*, méristème vasculaire du premier segment foliaire ; *v'*, son prolongement inférieur ; *m*, moelle centrale ; *pm*, zone périmédullaire.

dante. Cette théorie de la *spirale d'accroissement*, combattue par Sachs (1) et aujourd'hui abandonnée serait-elle appelée à retrouver de nouveaux arguments dans l'étude des points végétatifs?

Le massif vasculaire de la première feuille *F1* est d'une netteté remarquable, en *v*. Les cellules provenant de la troisième assise initiale dédoublée sont subdivisées par des cloisons tangentielles qui déterminent la direction de la feuille, et l'on peut reconnaître avec précision les cellules primitives, dans lesquelles les cloisonnements sont encore parallèles. Ce massif se prolonge vers le bas, en *v'*, par un cordon de cellules vasculaires provenant également de la troisième assise. Ce cordon vasculaire, que recouvrent les assises du méristème cortical dédoublé, établit la communication vasculaire entre le segment foliaire *F1* et les segments inférieurs. Il est bordé intérieurement par des éléments allongés qui constituent la zone périmédullaire *pm*.

La moelle se différencie de bonne heure en grandes cellules *m*, à parois un peu épaissies. Au sommet, les cellules médullaires convergent vers une cellule *im* dans laquelle nous devons voir l'initiale médullaire.

Cet ensemble de caractères est le même que celui des feuilles précédemment étudiées et confirme encore les conclusions que nous avons exposées plus haut, sur le mode de naissance des segments foliaires. Il s'y ajoute l'idée de la continuité de croissance dans les plantes à feuilles alternes.

Sommet végétatif. Coupes transversales.

Lorsqu'on a dépassé, dans la série descendante des coupes transversales, celles qui, passant par l'extrême sommet, n'intéressent que les assises initiales, on en trouve une, la 15e par exemple (fig. 130), dans laquelle la portion centrale présente une expansion latérale qui est la base de la première feuille un peu développée. En examinant la figure 130, nous apercevrons les premières productions foliaires dans leur ordre et dans leurs divers degrés de développement.

---

(1) Rappelons l'opinion de Sachs sur ce point :

« Même dans le cas où la liaison des feuilles suivant leur âge par une spirale enveloppant la tige toujours dans la même direction est possible et même avantageuse comme moyen de représentation, il n'y a cependant, dans le mode de développement des membres, aucun motif suffisant pour supposer que l'accroissement de l'axe générateur lui-même suive une spirale. Cette supposition a déjà été réfutée par Hofmeister. » (Sachs. *Traité de Botanique*, p. 243).

Voici la règle mécanique de Hofmeister, à laquelle Sachs fait allusion : « Les nouveaux membres latéraux naissent au-dessus du milieu du plus large intervalle que laissent entre elles, à la périphérie du point végétatif, les insertions des anciens membres de même espèce les plus voisins. » (Hofmeister. *Allgemeine Morphologie der Gewächse*. Leipzig. 1868).

Au centre est un ensemble de trois segments foliaires, nés sur le point végétatif, à des niveaux excessivement rapprochés. Le segment 1 est le plus jeune : on n'y distingue encore, comme nous le verrons plus loin, que quelques cloisonnements dans le méristème vasculaire. Le segment 2 un peu plus développé nous montre déjà une structure trilobée, peu marquée à la vérité, mais cependant visible : c'est la base de la deuxième feuille avec ses deux stipules.

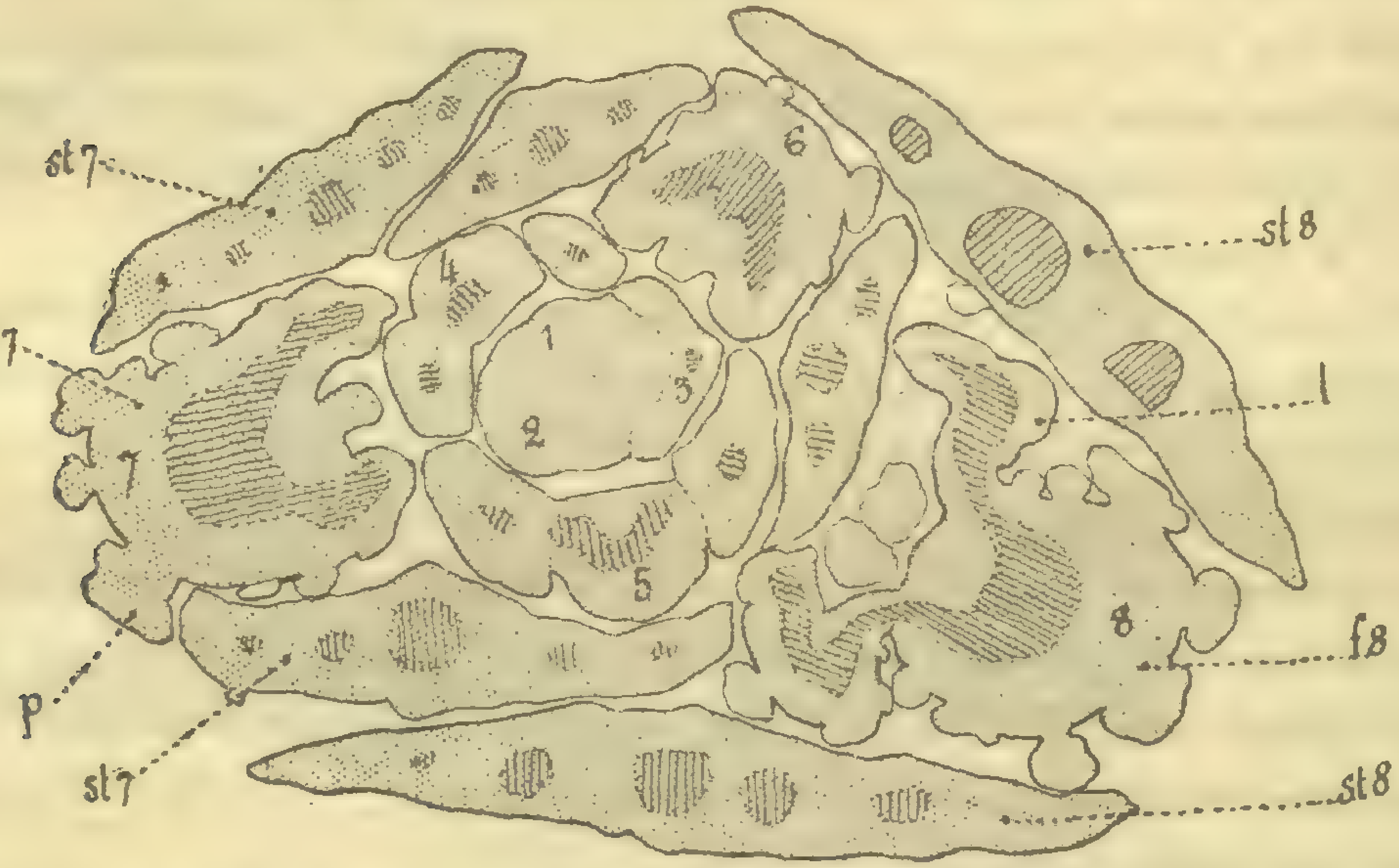


Fig. 130. — *Betula alba.* Coupe à travers le bourgeon terminal. 1-8, feuilles successives, avec leurs stipules.

Dans le 3e segment, les choses sont plus avancées et les trois lobes plus distincts. La feuille est coupée à son niveau d'insertion.

La 4e feuille est coupée au dessus de son insertion et ne touche plus en aucun point à la région centrale. Les stipules sont encore soudées à la portion médiane, qui représente l'ébauche du limbe et du pétiole, et l'on constate que la stipule voisine de la feuille 3 est moins développée que celle qui est de l'autre côté, près de la feuille 5.

A partir de ce point les feuilles se succèdent en s'imbriquant légèrement, la stipule de droite de chacune d'elles (en regardant l'axe) étant plus développée que celle de gauche de la même feuille. En outre chaque stipule gauche recouvre en partie la stipule droite de la feuille précédente.

En somme, le premier fait qui nous frappe quand nous examinons la structure de ce bourgeon, c'est que nous n'y retrouvons pas nettement la disposition tristique que l'on pourra constater plus tard dans la tige. En suivant la disposition des segments marqués par les chiffres *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, etc., nous les voyons, pour ainsi dire, s'échapper de la portion centrale et s'en écarter progressivement suivant une spirale régulière. En outre il nous est facile de constater que le développement des diverses régions d'un même segment foliaire dans un même plan horizontal n'est pas synchronique. La partie gauche (en regardant la feuille) est en avance sur la partie droite et celle-ci se relie insensiblement à la partie gauche de la feuille suivante.

On aurait donc tort, à mon avis, de considérer une feuille de Bouleau comme naissant spontanément et symétriquement dans l'angle formé par les deux feuilles qui la précèdent. En réalité, le phénomène de croissance est continu, non seulement d'une feuille à l'autre, mais même d'une partie d'un segment foliaire à la suivante. Pour fixer les idées, je dirai que le maximum d'intensité de croissance est successivement localisé dans les régions suivantes : en partant de la feuille *4* pour aller au point végétatif situé en *1*.

Stipule gauche	de la feuille *3*.
Partie médiane (limbe) . . .	id.
Stipule droite	id.
Stipule gauche	de la feuille 2.
Partie centrale	id.
Stipule droite	id.
Stipule gauche	de la feuille *1*.
Partie centrale	id.

Cette continuité de la croissance se retrouve, à un degré plus accentué, dans les plantes dont le cycle foliaire est plus compliqué que celui-ci, et nous avons déjà remarqué, d'ailleurs, dans les exemples précédents, que même dans les plantes à feuilles opposées, il n'y avait jamais synchronisme dans l'état de développement de deux feuilles appartenant au même verticille, ce qui est un fait du même ordre.

Nous voyons également que le segment foliaire *1* commence à se développer dans l'angle formé par la stipule gauche et le limbe de la feuille *4*, et cette disposition se retrouve dans les autres feuilles du bourgeon (fig. 130). Nous aurons lieu d'en reparler plus loin.

ETUDE DE LA QUINZIÈME COUPE

En regardant à un plus fort grossissement la portion centrale de la quinzième coupe nous la trouvons composée de trois bases foliaires.

Cette quinzième coupe est représentée dans la Planche 1, fig. 1. Sa région *F3* représente la base de la 3^e feuille, dont le méristème épidermique s'étend de S″ en S′. Sous l'épiderme, simple comme toujours, nous trouvons le méristème cortical, composé d'une seule assise qui se dédouble en face des faisceaux stipulaires *st3*, *st'3* et médian *v3*, ainsi que dans la région *c'* où se joignent les deux segments foliaires. Des trois faisceaux du segment foliaire *F3*, le médian *v3* est le plus marqué. Il est relié aux faisceaux stipulaires par une région en voie d'actif cloisonnement. En face de ce faisceau médian, en *m3*, la moelle centrale (voir fig. 129, *im.*) a déjà cloisonné activement ses cellules. Certaines d'entre elles sont fortement différenciées et se distinguent par des membranes épaisses et un contenu spécial.

L'ensemble de ces cellules du parenchyme central constitue, depuis la cellule *mc* environ jusqu'à la cellule *m3*, la moelle du segment foliaire *F3*. On remarquera l'activité du cloisonnement tangentiel entre ces deux cellules. L'augmentation rapide du nombre des cellules dans cette direction a pour effet de repousser en dehors tout l'ensemble du segment foliaire *F3*. Nous avons donc, ici encore, l'occasion de constater, de façon très nette, l'importance du rôle mécanique de la moelle pendant les premiers temps de la croissance.

Le point *S′* marque la limite extérieure, très nette, entre le troisième segment foliaire et le second. Cette limite est visible jusque dans la région corticale. A gauche du point *S′*, s'étend jusqu'au point *S*, le second segment foliaire, où la différenciation est naturellement beaucoup moins avancée que dans le troisième. Dans ce segment *F2* l'épiderme *é* est encore simple ; le méristème cortical, simple en *c*, dans la région médiane, se dédouble latéralement à mesure qu'on approche des points *S* et *S'*. Le méristème vasculaire présente une ébauche de faisceau médian *v2* et deux groupes d'éléments vasculaires très jeunes *st2*, *st'2*, qui sont en rapport avec l'appareil vasculaire des stipules de la deuxième feuille *F2*. Nous noterons encore les cloisonnements médullaires en direction tangentielle qui s'étendent depuis *mc*, mais surtout depuis *m2*, jusqu'en *v2*, et qui repoussent vers l'extérieur toute la région *F2*.

La région correspondant au premier segment foliaire s'étend de *S* en *S''*. La différenciation y est peu avancée, et cela se comprend puisque la feuille dont il représente la base était aussi jeune, ou plus peut-être, que la feuille *F1* de la figure 129. En outre, l'épiderme adhérait en grande partie à celui du bourgeon axillaire de la feuille *F4*, ce qui explique son aspect particulier. Les premiers cloisonnements du méristème vasculaire sont déjà visibles en *v1* et ceux de la région médullaire en *m1*, et nous constatons ici encore que l'effet des cloisonnements et de la croissance ultérieure des cellules *m1* sera de repousser les cellules *v1*, ainsi que les cellules corticales et épidermiques qui les recouvrent, dans l'angle libre dont nous avons déjà parlé, c'est-à-dire entre la région médiane de la feuille 4 et sa stipule de gauche (Voir fig. 130).

CONSTITUTION DE LA TIGE.

Considérons maintenant la 50ᵉ coupe pratiquée au-dessous du sommet végétatif. Cette coupe comprend, extérieurement, deux feuilles A et B avec leurs stipules (*a*, *a'*, *b*, *b'*, fig. 131). Ces feuilles sont coupées au-dessus de leur point d'insertion, et leur pourtour est irrégulièrement lobé à cause des poils capités qui tapissent la surface et dont la section forme des sortes de dents arrondies (*p*). Le système libéro-ligneux de chacune d'elles est en forme de fer à cheval.

La feuille *C* est coupée près de sa base et adhère à la portion centrale de la coupe. On y reconnaît encore la forme générale de l'une des feuilles voisines, *B* par exemple, mais les stipules (*c*, *c'*) sont soudées à la partie principale de la feuille, et leur méristème vasculaire est plus condensé que dans les stipules des feuilles *A* et *B*. En *C* se voit le méristème vasculaire de la feuille proprement dite, et en dedans de ses faisceaux foliaires, nous voyons deux arcs vasculaires qui appartiennent au bourgeon axillaire *bac* de la feuille *C*; sur les côtés sont les faisceaux *c,c'* provenant des stipules.

Dans la région opposée, nous trouvons, à un état de soudure plus avancé, la base de la feuille *D* : les deux oreillettes formées par les stipules sont encore visibles, et la jonction des faisceaux en trois groupes est plus marquée que dans la feuille *C*. En somme, il n'y a plus guère dans cette base foliaire que trois faisceaux, savoir : un foliaire médian *D* et deux stipulaires *st.d*, *st'd*. Où s'opère la jonction de ces faisceaux avec le reste du méristème vasculaire dont l'ensemble forme, au centre de la coupe, une sorte de triangle? Le faisceau *D* s'insère au sommet dont il est le plus voisin, et les deux stipulaires vont s'insérer près des faisceaux médians des traces voisines, en deux points marqués d'une croix (+). Il y a donc ici encore communication entre les faisceaux latéraux d'une trace et les faisceaux médians des traces voisines.

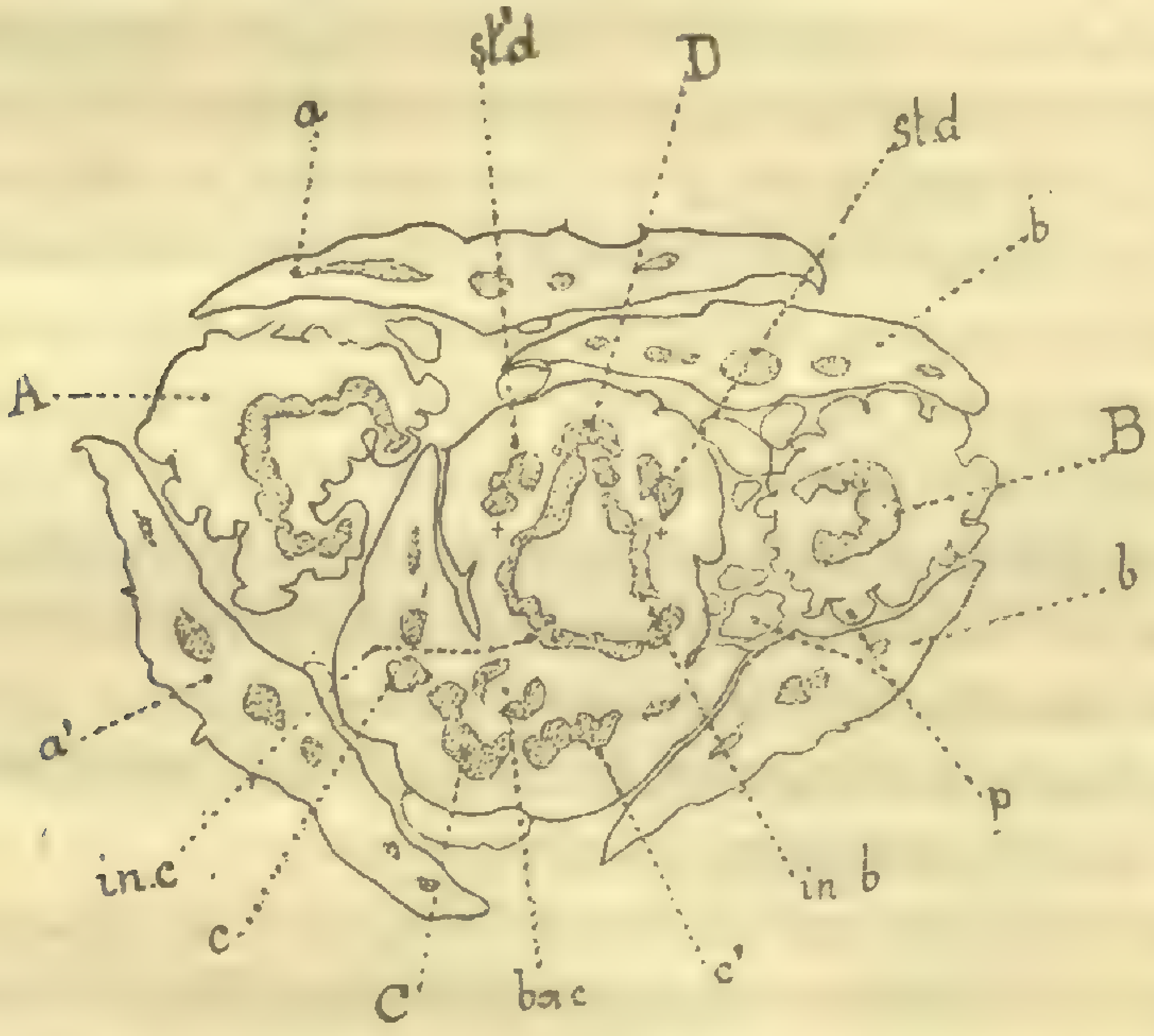


Fig. 131. — *Betula alba*. Coupe transversale près du sommet. A, feuille, *a*, *a'*, ses deux stipules; B, feuille; *b*,*b'*, ses deux stipules; C, *st.c*, *st'c*, feuille avec ses deux stipules concrescentes; *bac*, son bourgeon axillaire; D, faisceau médian de la feuille D_4; *st.d* *st'd*, ses deux faisceaux stipulaires (*30*).

Quant à l'insertion du bourgeon axillaire, elle se produit suivant le même mode que dans le Chèvrefeuille. La même analogie existe d'ailleurs pour l'insertion des faisceaux stipulaires.

Le triangle formé par l'ensemble du système vasculaire se déforme à chaque insertion : il s'allonge dans le sens de la feuille qui s'insère et se condense dans la région opposée. Pendant tout le trajet de l'entre-nœud, et surtout près du sommet, où les entre-nœuds sont très courts ou nuls, la symétrie de l'anneau libéro-ligneux est en rapport direct avec celle de la feuille supérieure.

STRUCTURE PRIMAIRE DE LA TIGE. RÔLE DE LA MOELLE.

Pour voir avec plus de détails la structure primaire de la tige, nous étudierons la 36e coupe à partir du sommet (fig. 132). Elle nous montre la section de trois segments foliaires, *F1*, *F2*, *F3*, et passe par l'insertion de *F3* ; par conséquent *F2* et *F1* sont les deux feuilles supérieures du cycle foliaire, et *F1* est la plus éloignée de la coupe.

La coupe est prise un peu au-dessus de l'insertion d'une nouvelle feuille, en face de *F1*. La trace foliaire *F1*, est en train de se partager et ses éléments vasculaires se répartissent en deux groupes, *m 1*, *m' 1*, ce dernier étant peu marqué.

Dans la feuille *F2*, le faisceau médian *m 2* et le faisceau stipulaire de gauche *st 2* sont encore bien visibles, mais le faisceau de la stipule de droite *st'2* est déjà placé sur l'anneau méristématique commun, et cette différence, au point de vue de l'insertion, se retrouve dans les autres feuilles. Ce fait est en rapport avec des différences que nous avons notées dans le bourgeon terminal, relativement à l'âge relatif des divers organes qui le composent.

La troisième feuille est près de son point d'insertion. Elle montre son faisceau médian *m 3* et ses deux faisceaux stipulaires *st 3*, *st'3*. Ces derniers sont sur le point de s'insérer près des éléments médians des feuilles voisines. Les deux régions *ba 3*, *ba'3* appartiennent au bourgeon axillaire.

La disposition des cellules de la moelle est intéressante. Si, partant d'un groupe central *c*, on suit la direction des files de cellules médullaires, on les voit s'aligner assez régulièrement suivant trois directions. Or, l'épaisseur totale de l'épiderme, de l'écorce et du méristème vasculaire d'une feuille donnée variant peu dans le trajet de la région d'insertion, il en résulte que l'accroissement en diamètre de la tige, à ce niveau, s'effectue principalement par la multiplication des cellules médullaires dans la direction de la feuille naissante. Nous avons déjà constaté ce fait dans la tige de *Cornus sanguinea*.

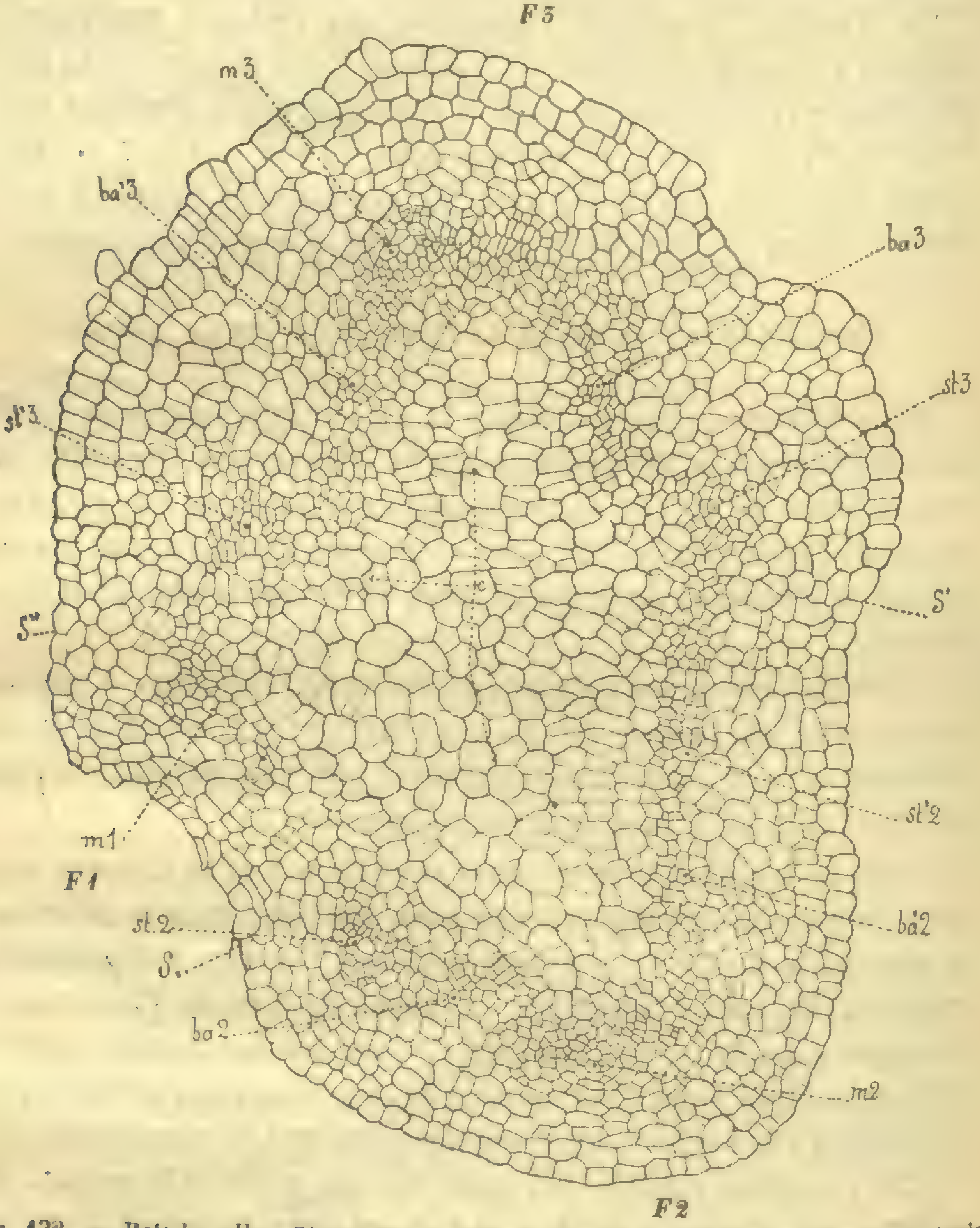


Fig. 132. — *Betula alba*. Structure primaire. Coupe transversale, montrant trois traces foliaires. Dans chaque trace, *m* indique le faisceau median, *st*, *st'*, les deux faisceaux stipulaires ; *ba*, *ba'* les deux moitiés des faisceaux du bourgeon axillaires ; *c*, moelle centrale, cloisonnée suivant trois directions. De *S''* en *S*, section de la première base foliaire ; de *S* en *S'*, deuxième base foliaire ; de *S'* en *S''*, troisième base foliaire.

Cette poussée a pour effet d'écarter les premières feuilles et de les loger, non en face les unes des autres, comme l'exigerait une disposition rigoureusement tristique, mais dans les endroits du bourgeon où il y a le plus de place, où la pression des feuilles extérieures est la moindre. Aussi voyons-nous dans la fig. 130 la région médiane de chaque feuille placée en face de l'angle que forment la feuille et la stipule qui lui sont extérieures.

Ainsi la moelle, qui plus tard pourra jouer le rôle secondaire de tissu de réserve ou même disparaître, semble avoir au début une action mécanique en rapport avec la disposition des feuilles. Sans doute cette action est moins facile à constater dans beaucoup d'autres cas où l'angle de divergence est moins marqué ; mais la disposition tristique des feuilles du Bouleau nous offre un moyen de nous rendre compte de cette action particulière.

Au stade que représente la fig. 132, la forme de la section indique encore une subordination de la tige à la feuille, comme l'indiquait la fig. 131. Le contour extérieur, de S' en S", se rapporte nettement à une base de feuille ; il en est de même pour la partie qui va de S' à S, mais moins nettement, parce qu'elle est plus éloignée de l'insertion foliaire supérieure. On voit aussi que l'espèce de triangle formé par les éléments libéro-ligneux se compose uniquement des faisceaux venant des feuilles, des bourgeons ou des stipules. Les stipules en particulier, qui ne jouent plus tard aucun rôle, contribuent pour une bonne part à la formation première de l'anneau libéro-ligneux.

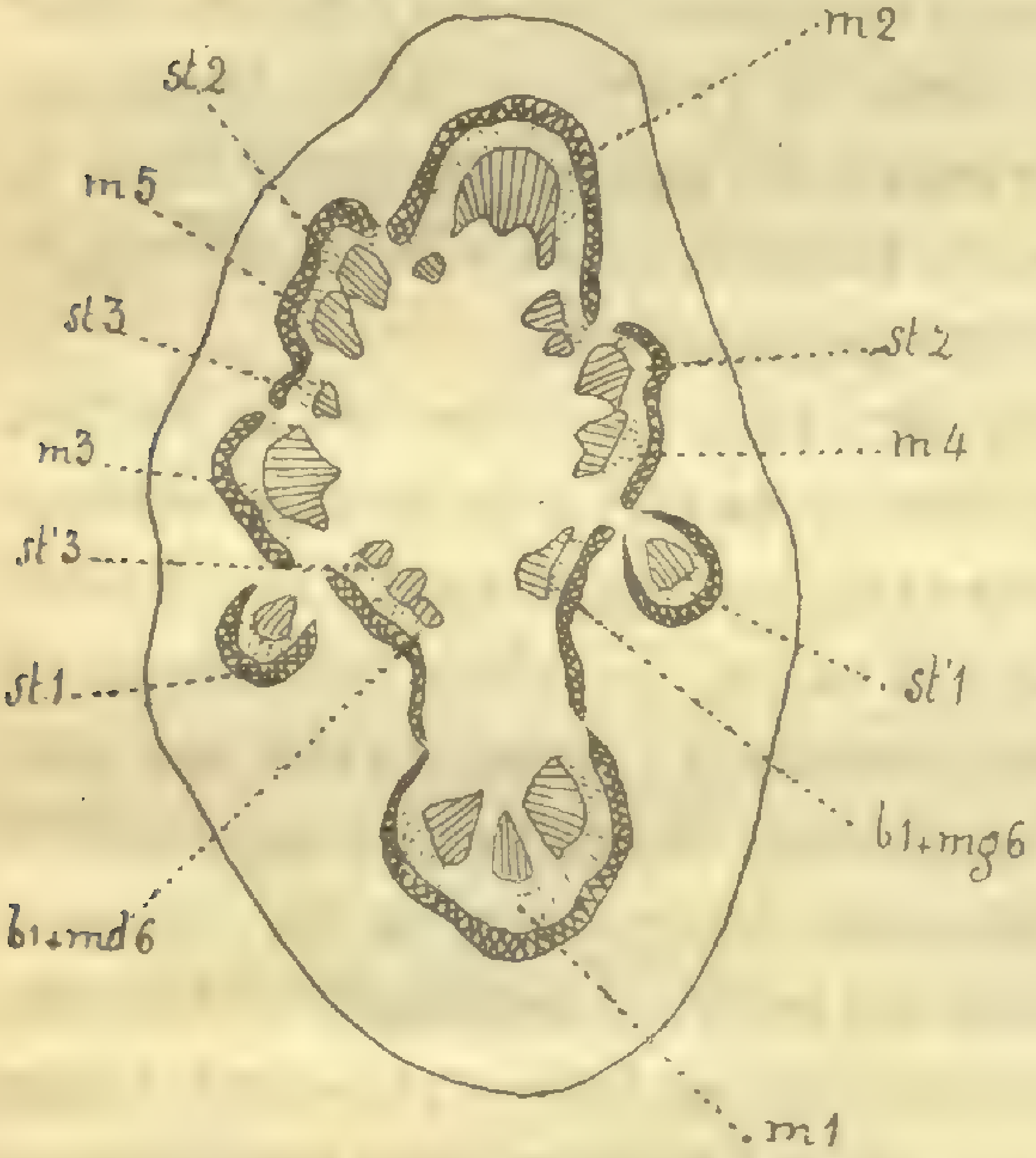
QUERCUS PEDUNCULATA Ehrh. (Chêne).

Nous terminerons par l'étude du Chêne. Dans cet arbre, les feuilles sont disposées sur cinq rangs, et d'une feuille donnée à celle qui est située en dessus d'elle, la spire foliaire parcourt deux fois la circonférence, c'est-à-dire que le cycle foliaire appartient au type $\frac{2}{5}$.

Les feuilles sont accompagnées de deux stipules, dont le développement, au sommet de la plante, est très grand par rapport à celui de la feuille.

Nous n'entrerons pas dans de grands détails au sujet de l'origine de la structure. Il suffira de savoir que les choses se passent comme dans le Bouleau, à cette différence près que les insertions foliaires sont ici reportées aux sommets d'un pentagone étoilé.

Ce pentagone est d'abord régulier, mais à chaque nœud, il se déforme en s'allongeant du côté de la feuille qui l'insère. Près du sommet, on trouve, au niveau d'une insertion, l'aspect représenté par la figure 133. Les faisceaux médian et latéraux du pétiole *m'1* sont fusionnés en un groupe de trois ; les deux faisceaux marginaux (stipulaires) de cette trace *st 1*, *st'1* vont s'insérer près du faisceau de chacune des traces voisines, *m3* et *m 4* et se soudent peu à peu avec lui. Près d'eux en *b 1 + mg6* et *b 1 + md6* sont deux groupes libéro-ligneux formés chacun du rapprochement des faisceaux du bourgeon et de la feuille supérieure *m 6*.



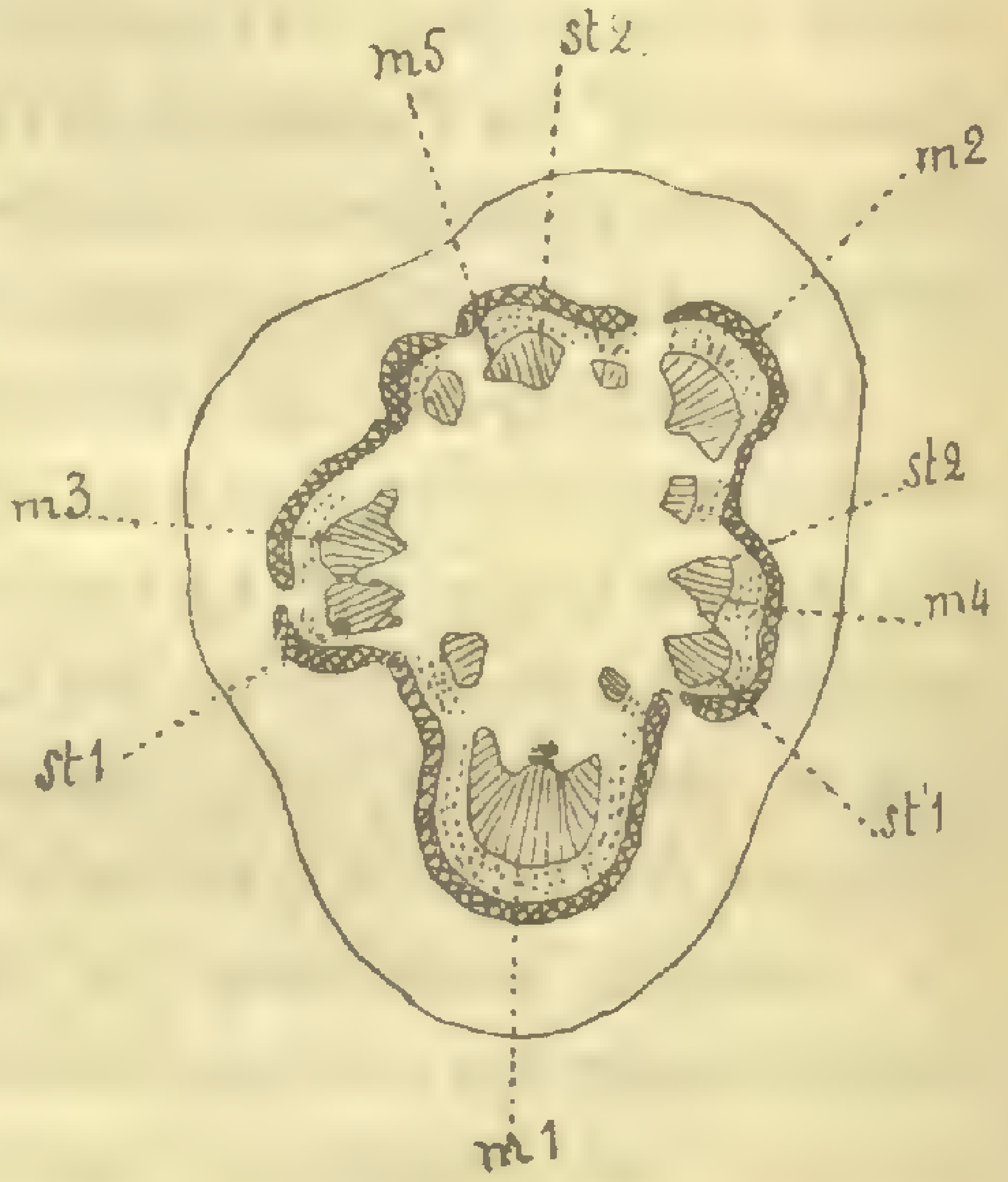


Fig. 133. — *Quercus pedunculata.* Coupe pratiquée un peu au-dessus de l'insertion de la feuille *m 1*, dont les trois faisceaux (médian et latéraux pétiolaires) sont encore distincts, et dont les faisceaux stipulaires sont encore en dehors du polygone central ; cette structure s'atténue de plus en plus dans les traces *m 2*, *st 2*, *st'2* ; *m3*, *st3*, *st'3* ; *m 4* ; *m5*.

Fig. 134. — Coupe effectuée un peu plus bas que la précédente. Mêmes lettres. La structure est plus condensée, notamment dans la première trace *m 1*, *st 1* *st'1*.

La feuille située au-dessus de *m 1* en suivant la spirale foliaire, est *m 2*, dont on peut encore distinguer les deux faisceaux stipulaires *st 2*, accolés aux faisceaux médians de *m 4* et *m 5*.

La troisième feuille *m 3* montre un faisceau médian *m 3*, et deux stipulaires *st3*, tous trois de taille plus réduite que les précédents.

Enfin dans les traces *m4* et *m5* on ne distingue plus que les faisceaux médians. Nous constatons ici de façon particulièrement sensible la réduction progressive des traces foliaires à mesure que la coupe s'éloigne du niveau d'insertion de la feuille. Cela confirme les observations dont je parlais dans l'historique (T. XVII, p. 468).

De même que dans le Bouleau, l'étude des coupes longitudinales montre qu'à aucun moment les faisceaux stipulaires, bien que situés en dehors de l'anneau libéro-ligneux, ne naissent ni ne séjournent dans l'écorce.

On constate, dès le plus jeune âge, une continuité parfaite entre les régions analogues de la feuille proprement dite et de la base foliaire. On ne saurait donc dire du Chêne, non plus que des plantes précédemment étudiées, que ses faisceaux libéro-ligneux traversent l'écorce pour se rendre de la tige dans la feuille et se développent, pendant ce trajet, aux dépens des cellules corticales.

Mais de plus le Chêne, ainsi d'ailleurs que plusieurs autres espèces (Noyer, Châtaignier, etc.), nous montre très clairement, par le mode de différenciation de son écorce primaire, que l'origine de cette écorce est exclusivement foliaire. La région de la base foliaire qui est extérieure aux faisceaux *m1, st1, st1* fig. 133 se différencie en deux zones corticales : la zone externe partiellement collenchymateuse, la zone interne lacuneuse. Ces deux zones, ainsi différenciées, présentent l'aspect du parenchyme de la face inférieure d'une feuille. Cette double différenciation, très nette dans la région de l'insertion foliaire, s'atténue peu à peu dans les régions voisines : toutefois peu d'exemples sont plus propres à montrer que la région corticale primaire de la tige provient directement et uniquement du tissu cortical inférieur des feuilles.

Nous pouvons d'ailleurs vérifier ce fait en étudiant l'écorce d'un jeune semis de Chêne. Un Chêne d'un an montre, au dessus des cotylédons, plusieurs écailles, et se termine par une région feuillée. Or, l'écorce est de structure homogène dans la partie de la plante où ne se trouvent que des écailles (1). Au contraire, elle présente deux zones distinctes dans l'écorce de la partie feuillée.

---

(1) C'est la région que j'ai appelée jadis région tigellaire (Léon Flot. *Anatomie comparée de la tige des arbres*. Revue générale de Botanique. 1890).

Par l'examen des coupes fig. 133 et 134, et en se rappelant la structure précédemment constatée dans le Bouleau, on se rend compte que la structure primaire du Chêne se compose, en ce qui concerne le méristème vasculaire, du pentagone libéro-ligneux formé par la juxtaposition des cinq premières traces foliaires, chaque trace comprenant un groupe médian, d'abord trifasciculé, deux faisceaux stipulaires et deux groupes gemmaires.

En outre on voit qu'il n'existe, dans cette structure, aucun tissu ou élément autre que ceux provenant de la différenciation foliaire et de la juxtaposition et de la soudure progressive des bases foliaires.

CONCLUSIONS

RELATIVES AU MODE DE CONSTITUTION DE LA TIGE

Nous avons exposé plus haut (t. XVIII, p. 317) les conclusions relatives au mode de naissance des feuilles et à la constitution des segments foliaires.

Les présentes conclusions se rapportent plus particulièrement à la tige, et à la manière dont elle s'établit.

ORIGINE DE LA STRUCTURE PRIMAIRE

L'étude qui précède nous a montré que le sommet de la plante ne se compose à un certain moment que des bases des premiers mamelons foliaires, ou *bases foliaires*. Ce fait peut être constaté même dans des espèces qui présenteront plus tard de très longs entre-nœuds *(Cornouiller, Vesce)*.

A ce moment la région caulinaire terminale a pour épiderme, la somme des épidermes des bases foliaires, elle a pour écorce la somme des régions corticales des bases foliaires ; pour appareil vasculaire la somme des méristèmes vasculaires des bases foliaires.

I. *Nature et origine de la structure primaire.* — La structure primaire de la tige, telle qu'on la rencontre au milieu d'un entre-nœud, est une structure condensée provenant de l'élongation des bases foliaires situées au-dessus de la section considérée.

La forme et la structure d'un entre-nœud sont déterminées par celles des bases foliaires situées au dessus de lui. (*Aristoloche, Vesce, Lierre, Bouleau, Chêne, etc.*).

L'origine de cette structure doit donc être recherchée dans les rapports que présentent entre eux les premiers segments foliaires.

II. *Continuité des tissus.* — L'étude de la feuille avait montré la communauté d'origine de toutes les cellules apppartenant à un méristème donné :

L'étude du sommet végétatif montre qu'il y a continuité et communauté d'origine entre tous les éléments corticaux d'un segment foliaire et ceux des segments voisins ; entre tous les éléments vasculaires de plusieurs segments consécutifs. Il en est de même pour l'épiderme.

On ne saurait donc dire qu'il existe des faisceaux corticaux, c'est-à-dire des productions vasculaires nées de cellules provenant du méristème cortical (*Viciées*, etc.).

Le cas des Viciées, par exemple, n'est qu'une forme exagérée d'un fait de concrescence qu'on rencontre à un degré moindre dans beaucoup d'autres plantes (*Aristoloche*, *Lierre*, *Bouleau*, *Chêne*).

III. *Modifications dans la région corticale.* — Les cellules provenant des initiales de l'écorce peuvent donner un anneau cortical formé de cellules toutes semblables.

Mais très souvent elles donnent naissance dès le début de la formation foliaire, à deux zones : la zone corticale externe et la zone corticale interne.

Le développement de la zone corticale externe s'opère souvent en direction centrifuge, mais l'épaisseur de cette région est beaucoup moindre que celle de la zone interne. Les cellules y sont souvent isodiamétriques.

La zone corticale interne croît en direction centripète, généralement ses cellules sont allongées. La différenciation précoce de l'assise endodermique n'a été constatée dans aucun des exemples étudiés.

IV. *Délimitation des régions.* — La distinction entre les cellules les plus internes de l'écorce et les cellules les plus externes du méristème vasculaire peut être difficile à établir dans certains cas, à cause de la forme semblable des cellules, surtout dans des coupes transversales. L'étude des coupes longitudinales du sommet de la plante permet seule une délimitation précise. Elle montre que si les éléments extérieurs du méristème vasculaire peuvent prendre l'apparence de cellules corticales, en revanche on ne constate jamais la naissance de productions vasculaires dans les cellules d'origine corticale.

V. *Appareil vasculaire.* — Le système vasculaire de la base d'une feuille comprend en général : 1 faisceau médian (dédoublé dans l'*Aristoloche*), *2n* faisceaux latéraux, et 2 faisceaux marginaux.

Au voisinage de l'insertion, les faisceaux latéraux s'unissent au faisceau médian. Quelquefois, ils ne font que s'en rapprocher au niveau d'insertion et descendent ensuite parallèlement à ce faisceau.

Les faisceaux marginaux fournissent le système vasculaire des stipules (*Chèvrefeuille*, *Viciées*) ou de la gaine (*Lierre*).

Dans d'autres cas (*Bouleau*, *Chêne*, *Vigne Vierge*) les faisceaux des stipules sont indépendants du système vasculaire du pétiole. Ils se forment toutefois aux dépens du méristème vasculaire latéral du segment foliaire et leur différenciation est très précoce.

VI. *Raccordement des faisceaux.* — 1° *Faisceaux médians.* — Le faisceau médian d'une feuille (1) se dirige vers la feuille située au-dessous de lui et traverse un nombre d'entre-nœuds indiqué par le numérateur de la fraction qui représente le cycle foliaire. Au point où dans ce trajet descendant, il se trouve en contact avec les éléments déjà différenciés dans la feuille née au-dessous de lui, il se sépare généralement en deux demi-faisceaux qui vont se souder aux faisceaux latéraux voisins.

Quelquefois, par suite de la présence d'un bourgeon floral par exemple, (V. *Vicia*, p. 82), cette division ne se produit pas et le faisceau tout entier s'insère à côté du faisceau médian inférieur.

Il résulte de ce fait que la formation de la tige s'opère de haut en bas, par le raccordement des tissus des feuilles nouvellement formées à ceux des segments foliaires plus âgés et non par ramification de faisceaux propres à la tige.

2° *Faisceaux latéraux.* — Les faisceaux latéraux peuvent s'unir, au-dessus de l'aisselle foliaire, au faisceau médian du pétiole. Quelquefois après s'en être rapprochés, ils s'en écartent de nouveau et descendent à côté de lui ou s'unissent aux faisceaux latéraux.

---

(1) Il va sans dire que les faisceaux provenant des feuilles peuvent se raccorder aux faisceaux antérieurs suivant d'autres modes que ceux qui sont ici décrits. Toutefois les modes observés au cours de cette étude et résumés ici sont les plus fréquents.

3° *Faisceaux marginaux ou stipulaires.* — Les faisceaux marginaux, ou les faisceaux stipulaires d'une feuille s'unissent aux faisceaux des feuilles voisines ; mais on doit distinguer plusieurs combinaisons.

A. Dans les plantes à feuilles opposées décussées (Chèvrefeuille, Cornouiller), ils vont s'insérer près du faisceau médian de chacune des traces voisines et se rapprochent progressivement de lui pendant leur trajet dans l'entre-nœud inférieur. La soudure est complète au nœud inférieur, lorsque ce faisceau médian se partage.

B. Dans les plantes à feuilles distiques, les faisceaux marginaux ou stipulaires peuvent être plus ou moins nombreux :

Quand il n'y en a que deux (*Viciées*, *Aristoloche*), ils traversent obliquement l'entre-nœud et vont s'insérer parmi les faisceaux de la feuille inférieure ; là ils se joignent au demi-faisceau médian qui vient de se dédoubler de ce côté.

Ce trajet s'opère en dehors du cercle de faisceaux provenant de traces de feuilles plus jeunes (Viciées).

Dans l'Aristoloche, ils se placent sur la ligne centrale, au nœud même, près du faisceau médian opposé, descendent parallèlement à lui, mais ne se soudent qu'au nœud inférieur à chaque moitié de ce faisceau dédoublé.

Quand il y a plusieurs faisceaux marginaux, chacun d'eux s'insère près d'un faisceau analogue de la trace foliaire inférieure (Lierre) et se soude progressivement avec lui. Le dernier se soude avec le demi-faisceau médian de la trace inférieure.

C. Quand les feuilles sont alternes, les faisceaux stipulaires se rapprochent du faisceau médian des traces voisines et se fondent progressivement avec lui. Si le cycle foliaire comprend, par exemple, cinq feuilles, la soudure est complète au cinquième nœud inférieur (*Chêne*, *Bouleau*).

VII. — *Différenciation et rôle mécanique de la moelle.* — Vers le centre de la tige, chaque segment foliaire différencie les cellules les plus internes de son méristème vasculaire en un tissu parenchymateux à grands éléments : c'est la moelle. La moelle est peu développée dans les premiers segments foliaires des plantes à feuilles distiques, où elle apparaît nettement comme un résidu de la différenciation du méristème vasculaire (*Aristoloche*).

Son importance grandit dans les plantes à feuilles alternes et elle atteint un grand développement, avec des initiales spéciales, dans les plantes à feuilles opposées. Elle joue, au début de la croissance, un rôle mécanique des plus importants, en soulevant le point végétatif et en écartant les uns des autres les premiers segments foliaires (*Cornouiller*, *Bouleau*, *Frêne*).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En rapprochant les unes des autres les conclusions relatives à l'origine des feuilles et celles qui ont trait à la constitution de la tige, nous arrivons aux conclusions générales suivantes.

1. Naissance des feuilles.

Les initiales. — Au sommet de la plante, on trouve un nombre variable d'*assises initiales* provenant des cellules terminales de l'embryon ; ce nombre est de trois au minimum dans les Phanérogames angiospermes. Les cellules initiales produisent par leurs cloisonnements un méristème initial, dans lequel on n'observe aucune différenciation d'organe ou de tissu.

La première différenciation externe ou interne qui apparaît au sommet végétatif consiste dans l'apparition des *ébauches foliaires*. Elle prend son origine dans la multiplication très active d'une assise de cellules dont la différenciation ultérieure produira le *méristème vasculaire*. Ces cellules se multiplient principalement dans la direction de la future feuille, dont la place est déterminée par le lieu de moindre pression dans le bourgeon terminal.

La partie du sommet végétatif où se trouvent les cellules initiales se déplace ainsi en décrivant soit une série d'oscillations dans un plan (Plantes à feuilles distiques), ou dans deux plans rectangulaires (Plantes à feuilles opposées) ; soit une spirale ascendante plus ou moins régulière (Plantes à feuilles alternes).

Les méristèmes primitifs. — Le méristème vasculaire de la première feuille, en se développant, soulève les assises qui sont placées au-dessus de lui. L'assise extérieure se différencie en assise protectrice et donne le méristème épidermique, d'où provient l'*épiderme* de la plante.

L'assise (ou les assises, car il pourrait y en avoir plusieurs) située immédiatement en dehors du méristème vasculaire se différencie en un tissu parenchymateux servant aux fonctions les plus importantes : respiration, assimilation, transpiration, etc. C'est le méristème cortical d'où provient l'*écorce* de la plante.

Les segments foliaires. — Le méristème vasculaire s'organise peu à peu en faisceaux libéro-ligneux et en parenchyme conjonctif. La multiplication de ses éléments produit, comme nous l'avons dit, un soulèvement du méristème cortical et du méristème épidermique : ainsi naît une émergence qui est la première ébauche foliaire. Dans cette émergence, le méristème vasculaire forme une lame moyenne, recouverte en dessus et en dessous d'une assise corticale et d'une assise épidermique. Dans cette lame se développent des groupes vasculaires dont les ramifications forment les *nervures* de la feuille. Les tissus provenant de la partie du méristème vasculaire qui n'a pas formé les nervures, joints aux tissus provenant du méristème cortical, constituent le *parenchyme foliaire.*

L'ensemble des cellules du sommet végétatif intéressées par la naissance d'une feuille constitue un *segment foliaire.* Sur le sommet végétatif, tous les segments foliaires sont contigus. Chacun d'eux produit, par son développement :

1° une partie appendiculaire (limbe, pétiole et gaine);

2° une partie cohérente avec les segments foliaires plus âgés (base foliaire, gaine);

3° une région gemmaire, produisant un ou plusieurs bourgeons axillaires.

Quel que soit le développement ultérieur de chacune des parties du segment foliaire, il y a toujours communauté d'origine et continuité entre tous les éléments provenant d'un même méristème primitif. Ainsi le méristème vasculaire d'un segment foliaire envoie d'une part des ramifications dans la partie appendiculaire et d'autre part se met en rapport avec les éléments vasculaires des segments plus âgés. De même, l'écorce d'un segment âgé est en rapport de continuité et d'origine avec l'écorce des segments foliaires plus jeunes.

ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE.

Définition de la tige. — La structure de la tige est déterminée, au début de la croissance, par la structure et les rapports que présentent les jeunes bases foliaires.

Au-dessous du point végétatif, les premières feuilles naissent, se développent et réunissent entre elles leurs faisceaux suivant des modes variés. Lorsque les combinaisons entre les faisceaux des segments foliaires du cycle terminal sont achevées, l'ensemble des tissus épidermiques, corticaux et vasculaires ainsi formé conserve la même organisation pendant un temps et suivant un trajet plus ou moins grand, sans autre changement qu'une modification dans le plan de symétrie à chaque nœud.

Cet ensemble constitue la *tige*, qui est constituée par la *somme de bases foliaires.*

Les modifications de la tige. — *Croissance en longueur.* — La tige est susceptible de plusieurs modifications d'ordre général.

Dans les premiers segments foliaires, tant que les relations intersegmentaires qui donnent naissance à la tige ne sont pas achevées, les bases foliaires ne présentent en général qu'une très minime élongation. La constitution de la tige une fois établie, les cellules inférieures de chaque base foliaire se multiplient dans le sens de l'axe. Il se constitue ainsi des entre-nœuds, dont la structure reflète celle des feuilles situées au-dessus d'eux. C'est ainsi que l'épiderme et l'écorce de l'entre-nœud proviennent, par voie d'élongation, des cellules épidermiques et corticales des bases foliaires supérieures. Dans certains cas, elles conservent même sur un assez long trajet, l'aspect qu'elles présentent dans la feuille (*Lierre, Châtaignier, Chêne*). Il peut arriver toutefois que cette structure foliaire s'atténue vers le bas de l'entre-nœud et devienne peu à peu symétrique par rapport à un axe. Cette symétrie axiale est d'autant plus régulière que l'entre-nœud considéré est plus éloigné du sommet.

Croissance en épaisseur. — Une fois constituée, la tige peut accroître ses dimensions par différents moyens :

A. par l'augmentation du nombre des faisceaux.

Une tige de *Vicia sativa* jeune contient six faisceaux; mais à l'état adulte, elle peut en posséder un nombre beaucoup plus grand. Ce nombre est en rapport avec le développement foliaire de la plante, et le fait seul qu'il peut varier montre que la structure de la tige est sous la dépendance de la surface foliaire.

B. par la naissance d'une ou de plusieurs assises génératrices.

Dans beaucoup de plantes, les faisceaux sont placés côte à côte en un cercle continu. L'accroissement du système vasculaire se produit alors par une assise génératrice libéro-ligneuse continue. Mais, même dans ce cas, il est possible de retrouver dans la disposition des faisceaux ligneux primaires, les traces de la structure foliaire primitive.

Ce travail a été fait au Laboratoire des recherches de la Sorbonne et je suis très reconnaissant à M. Gaston Bonnier de toutes les facilités que j'y ai rencontrées. J'ai rappelé, dans la partie historique, que nos premières recherches entreprises séparément et par des méthodes différentes, avaient abouti à des résultats concordants. La communauté d'idées qui en est résultée entre nous n'a fait que s'affirmer au cours de mes recherches ultérieures; elle m'a été très précieuse pour les mener à bonne fin; aussi m'est-il particulièrement agréable ici de remercier très vivement mon éminent professeur de ses critiques, de ses conseils, de ses encouragements.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche 1 (Tome 18).

Fig. 1. — ***Lonicera Caprifolium***. — Sommet végétatif. S, point végétatif; F, F', premières feuilles; 1, 2, 3, 4, 5, cellules initiales; *é*, méristème épidermique; *cs*, méristème cortical supérieur; *c*, méristème cortical inférieur; *ce*, zone corticale externe; *ci*, zone corticale interne; *v*, *v'*, *v''*, méristème vasculaire du 1er segment foliaire; *m*, *m'*, cellules médullaires; *li*, limite séparant les deux premiers segments; *ce 2*, *ci 2*, méristème cortical du 2e segment; *v 2*, méristème vasculaire du 2e segment foliaire $\left(\frac{400}{1}\right)$.

Fig. 2. ***Lonicera Caprifolium.*** — Sommet végétatif (Coupe légèrement tangentielle). Mêmes lettres que fig. 1 ; *bo*, cellules initiales du premier bourgeon axillaire; *b*, *b'*, bourgeon axillaire du 3ᵉ segment foliaire; *mo*, communication médullaire; *li*, *li'*, limite des deux premiers segments foliaires; *cs 3*, *cs'3*, cellules du tissu cortical supérieur de la 3ᵉ feuille

Planche 2 (Tome 18).

Fig. 1. — ***Lonicera Caprifolium.*** — Photographie du point végétatif montrant les initiales *ié*, pour l'épiderme, *ic*, pour l'écorce, *iv*, pour le méristème vasculaire, *im*, pour la moelle; *c*, tissu cortical inférieur de la 1ʳᵉ feuille; *v*, méristème vasculaire. Le pointillé *v*, se termine dans une des cellules dont la multiplication produira le méristème vasculaire de la 1ʳᵉ feuille. Au dessus et au dessous de cette cellule, on en voit deux autres, en file longitudinale. A gauche de cette file, on en voit une autre formée de 4 cellules superposées. C'est des cloisonnements actifs de cette région que provient l'ébauche foliaire. — *v'*, méristème vasculaire de la base foliaire.

Fig. 2. — ***Lonicera Caprifolium.*** — Photographie du point végétatif. Dans cette série, les cellules ont été vidées de leur contenu par l'eau de Javel. Les initiales *ié*, *ic*, *iv*, *im*, comme ci-dessus. *é*, méristème épidermique de la première feuille; *c*, son méristème cortical; *v*, son méristème vasculaire; *c'*, dédoublement cortical inférieur; *li*, limite commune des deux premiers segments foliaires; *ce*, zone corticale externe; *ci*, zone corticale interne; *v'*, méristème vasculaire du 2ᵉ segment foliaire; *cs*, tissu cortical supérieur de la 3ᵉ feuille.

Fig. 3. — ***Lonicera Caprifolium.*** — Photographie d'une autre préparation appartenant à la même série. On y voit de chaque côté du point végétatif, les feuilles *f1* du premier verticille et les feuilles *f3* du troisième; en outre on aperçoit les bourrelets *f2* et *f4* formés par les régions latérales du 2ᵉ et du 4ᵉ segments. — La feuille *f3* montre une écorce inférieure dédoublée *c*, un vaisseau libérien *l*, un vaisseau ligneux *b*; dans la feuille de gauche, on voit le tissu cortical supérieur *cs*, et la région vasculaire *v*.

Dans la feuille de gauche du premier verticille, on remarquera la disposition des cellules médianes du méristème vasculaire, alignées en une file dans la direction du sommet de la feuille.

Fig. 4. — ***Fraxinus excelsior.*** — Section transversale dans le pétiole. *fd*, faisceau médian dorsal; *fl*, *fl'*, faisceaux latéraux; *fma*, *fma'*, faisceaux marginaux, appelés corticaux par certains auteurs; *fs*, région des faisceaux supérieurs du pétiole; l'une des branches du pointillé aboutit à un faisceau, l'autre marque la limite supérieure du péricycle, dont les cellules se sont multipliées; en *m*, se voit le méristème péricyclique qui contribue à cet accroissement, *c*, région corticale supérieure.

PLANCHE 3 (Tome 18).

Fig. 1. — ***Cornus sanguinea.*** — Sommet végétatif. *S*, point végétatif ; *F*, *F'*, premières feuilles ; *ba*, *ba'*, bourgeons axillaires ; 1, 2, 3, cellules initiales ; *é*, méristème épidermique ; *cs*, méristème cortical (supérieur) ; *c*, méristème cortical ; *ce*, *ci*, zone externe et zone interne de l'écorce ; *v*, initiales du méristème vasculaire foliaire ; *v 2*, cellules basilaires de ce méristème ; *v 2*, méristème vasculaire du 2e segment ; *m*, moelle foliaire ; *m o*, *m o'* moelle centrale.

Fig. 2. — ***Cornus sanguinea.*** — Raccordement des tissus de plusieurs segments foliaires. *S*, sommet végétatif, *c*, méristème cortical ; *ce1*, zone corticale externe ; *ci1*, zone corticale interne du 1er segment foliaire ; *v 1*, *v' 1*, méristème vasculaire du 1er segment ; *ba 1*, premier bourgeon axillaire ; *ci 2*, *ci' 2*, zone corticale interne du 2e segment ; *v 2*, son méristème vasculaire ; *pm*, zone périmédullaire ; *m 2*, raccordement médullaire des 2e et 3e segments ; *cs* 3, tissu cortical supérieur du 3e segment ; *ce 3*, *ce' 3*, zone corticale externe ; *ci 3*, *ci' 3*, zone corticale interne du 3e segment ; *v 3*, méristème vasculaire ; *m 3*, moelle foliaire ; *m' 3*, moelle du 3e segment.

PLANCHE 4 (Tome 18).

Fig. 1. — ***Fraxinus excelsior.*** — Partie supérieure d'un pétiole. — *fl*, *fl'*, faisceaux latéraux ; *fma 1*, *fma 2*, *fma 3*, *fma 4*, faisceaux marginaux provenant des pétiolules ; *p*, en haut, à gauche, limite supérieure du péricycle (péridesme) ; *p*, en bas, à droite, assise péricyclique ; *p. ex*, *pi*, assises péricycliques provenant du dédoublement de la précédente et accompagnant les faisceaux latéraux et marginaux ; *m v*, assise supérieure du méristème vasculaire ; *és*, épiderme supérieur ; *cs*, tissu cortical supérieur ; *po*, poils ; *mf*, moelle foliaire $\left(\frac{200}{1}\right)$.

Fig. 2. — ***Ampelopsis hederacæa.*** — Extrémité de la plante. S. point végétatif, avec trois initiales *ié*, *ic*, *iv*. ; φ, région où naîtra la prochaine feuille, avec ses trois méristèmes, épidermique *é* φ, cortical *c* φ, vasculaire *v* φ, *v'* φ, ce dernier déjà dédoublé. — F 1, premier segment foliaire différencié, composé de la feuille *f 1*, et du bourgeon *ba 1* : *é*, méristème épidermique ; *c*, méristème cortical, *c'*, écorce dédoublée ; *vb*, méristème vasculaire du bourgeon ; *vf*, *vf'*, méristème vasculaire de la feuille ; *mb*, moelle du bourgeon ; *mf*, moelle foliaire ; *mo*, moelle centrale $\left(\frac{400}{1}\right)$.

Erratum. — Dans le texte, p. 281, la lettre φ doit être rétablie après les mots ou lettres ci-après : *foliaire*, ligne 6 ; *v'*, ligne 8 ; *v* , *éc*, *c*, ligne 9.

Planche 5 (Tome 18).

Fig. 1. — ***Phytolacca abyssinica.*** — Sommet de la plante ; *ié, ic, iv*, *im*, initiales épidermique, corticale, vasculaire (3 assises), médullaire ; *cs*, tissu cortical supérieur de la feuille ; *ce*, zone corticale externe ; *ci*, zone corticale interne ; *v*, *v'*, méristème vasculaire ; *pm*, zone périmédullaire ; *p*, péricycle.

Fig. 2. — ***Asparagus officinalis.*** — Sommet d'une jeune plante. *ié, ic, iv,* initiales. A, premier segment foliaire ; *fa*, *ba*, premier cloisonnement dans le méristème vasculaire de la feuille et du bourgeon. B, 2^e segment ; *fb*, mérist. vasculaire de la feullle ; *bb*, id. du bourgeon. C, 3^e segment : *ct*, cellules terminales scarieuses de la feuille ; *fc*, point d'arrêt du développement foliaire ; *vfc*, *v'fc*, *v'c*, méristème vasculaire de la base foliaire ; *bc*, bourgeon axillaire du 3^e segment ; *vbc*, son méristème vasculaire. D, 4^e segment foliaire ; *fd*, limite de l'accroissement foliaire ; *bd*, bourgeon axillaire ; *vbd*, *v'bd*, son méristème vasculaire; *m*, moelle $\left(\frac{500}{1}\right)$.

Planche 14 (Tome 18).

Fig. 1 et 2. — ***Helianthus laetiflorus.*** — Feuille coupée parallèlement au plan de son limbe. — *n 1*, nervure principale ; *n 2*, *n'2*, nervures de deuxième ordre ; *n 3*, *n'3*, nervures de troisième ordre, *n'm*, nervure marginale, *p*, poils.

Dans la fig. 1, *a*, *b*, *d*, files de cellules d'une nervure en voie de formation. Dans la fig. 2, *a*, *b*, *c*, cloisonnements locaux ; *d*, méristème local.

Planche 7 (Tome 19).

Fig. 1. — ***Betula alba.*** — 15^e coupe transversale à partir du sommet, montrant trois segments foliaires, F_1, F_2, F_3, limités respectivement en S, S', S''. *v 1*, *v 2*, *v 3*, méristème vasculaire de la partie centrale du segment foliaire ; *st 2*, *st'2*, *st 3*, *st'3*, méristème vasculaire des stipules des 2^e et 3^e segments ; *m 1*, *m 2*, *m 3*, moelle des segments foliaires ; *m e*, moelle centrale ; *é*, méristème épidermique ; *c*, *c'*, méristème cortical ;

Fig. 2. — ***Hedera Helix***. Point végétatif. — F_2, F_3, deuxième et troisième feuilles ; *ié*, *ic*, *iv*, initiales de l'épiderme, de l'écorce et du méristème vasculaire ; *vd*, *vd'*, méristème vasculaire du 1^{er} segment formant la nervure dorsale de la 1^{re} feuille ; *vl*, quelques cloisonnements latéraux du méristème vasculaire de la gaîne ; *m*, moelle ; *e*, méristème épidermique ; *c*, méristème cortical ; *ba*, bourgeon axillaire ; *mv 3*, méristème vasculaire du 3^e segment foliaire $\left(\frac{200}{1}\right)$.

---

450 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

RÉCENTES PUBLICATIONS BOTANIQUES

Grand'Eury : *Sur les graines trouvées attachées au Pecopteris Pluckeneti* (C. R., 1905, p. 920).

R. Kidston : *Preliminary Note on the Occurence of Microsporangia in Organic Connection with the foliage of Lignodendron* (Proceed. royal Society, 1905).

O. Lignier : *Radiculites reticulatus, radicelle fossile de Séquoïnée* (Bull. Soc. Bot. France, 1906).

A. C. Seward : *Anatomy of Lepidodendron aculeatum* (Ann. of Bot., octobre 1906).

L. Errera et Th. Durand : *Notice sur François Crépin* (Bull. Soc. Bot. Belgique, 1906).

E. Küster : *Histologische und experimentelle Untersuchungen über Intumescenzen* (Flora, 1906).

Melville Thurston Cook : *The Embryogeny of Sowe Cuban Nymphæaceae* (Botan. Gazette, 1906).

Ch. Brooks : *Temperature and Toxic Action* (Botan. Gazette, novembre 1906).

Ch J. Chamberlain : *The Ovul and Female Gametophyte of Dioon* (Botan. Gazette, novembre 1906).

H. Devaux : *Humidité du sol et germination* (Actes Soc. Linn. Bordeaux, 1906).

Th. Jamieson : *Utilisation of nitrogen in air by plants* (Agric. Research Association Aberdeen, 1905).

J. Labrie : *Observations sur le parasitisme du gui* (Actes Soc. Linn. Bordeaux, 1906).

Ch. Laurent : *Sur la présence de l'Atropine dans des Greffes ordinaires de Belladone sur Tomate* (Assoc. franç. Avanc. Sciences, Congrès Cherbourg, 1905).

Ch. Laurent : *De la Composition et de la Résistance de plantes greffées et non greffées* (Bull. Soc. Scient. et Médic. de l'Ouest, 1906).

W. Lorch : *Ein Apparat zur schnellen Reinigung beliebig grober Mengen von Sand und Kies* (Flora, 1906).

J. Massart : *La base matérielle de l'hérédité et de la variabilité* (Soc. Sc. Méd. et Nat. Bruxelles, 1905).

J. Massart : *Les Fourmis-jardinières* (Bull. Soc. Royale Bot. Belgique, 1906).

Montemartini Luigi : *Note di Biologia dei Frutti* (Atti Ist. Bot. Univ. Pavia, S II, vol. IX).

H. Micheels : *Sur les stimulants de la nutrition chez les plantes* (Bull. Soc. Bot. Belge, 42, 1905, paru 1906).

H. C. Schellenberg : *Untersuchungen über den Einflusz der Salze auf die Wachsthumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel* (Flora, 1906).

Hernfrid Witte : *Till de Svenska Alfvarväxternas Ekologi* (Upsal, 1906).

F. Atkinson : *The genera Balansia and Dothichloe in the united states with a consideration of their economic importance* (Journ. of Mycology, 1905).

G. Atkinson : *Life history of Hypocrea alutacea* (Bot. Gaz., décembre 1905).

Ch. Bernard : *A propos d'une maladie des Cocotiers causée par Pestalozzia Palmarum* (Bull. Dep. Agric. Indes Néerlandaises, 1906).

Brocq-Rousseu et Piettre : *Sur les spores d'un Streptothrix* (Compt. Rend., 28 mai 1906).

R. Chodat : *Quelques remarques sur la flore mycologique des Ormonts* (Bull. Herb. Boissier, 1905).

R. Chodat : *Observations sur le macroplancton des étangs du Paraguay* (Bull. Herb. Boissier, 1905).

L. Corbière : *Muscinées des environs de Constantine* (Assoc. franç. Avanc. Sc., Congr. Cherbourg, 1905).

Douin : *Les espèces du genre Pellia. Un cas curieux d'adaptation* (Assoc. franç. Avanc. Sciences, Congrès Cherbourg, 1905).

A. Elenkin : *Note sur la flore lichénologique du Ratcinsk au gouvernement Khersson* (Bull. jard. bot., Saint-Pétersbourg, 1906).

Freemann : *The Affinities of the Fungus of Lolium temulentum* (Annales Mycologici, 1906).

C. Gerber : *Hemiptérocécidies florales des Centranthus* (Assoc. franç. Avanc. Sciences, Congrès Cherbourg, 1905).

R. Maire : *Notes sur quelques champignons nouveaux ou peu connus* (Bull. Soc. Myc. France, 1905).

A. Maublanc : *Sur quelques espèces nouvelles ou peu connues de Champignons inférieurs. — Quelques Champignons de l'est africain* (Bull. Soc. Mycol. France, 1906).

A. Maublanc : 1. *Espèces nouvelles de champignons inférieurs* ; 2. *Trichoseptoria fructigena nov. sp.* (Bull. Soc. Mycol. France, 1905).

F. G. Parrique : *Parmélies des monts du Forez* (Actes Soc. Linn. Bordeaux, 1906).

E. Mead Wilcox : *Diseases of sweet Potatoes in Alabama* (Alabama agr. exper. Station, 1906).

C. Sauvageau : *Sur les pousses indéfinies dressées du Cladostephus verticillatus* (Actes Soc. Linn. Bordeaux, 1906).

J.-B, de Toni : *Sur le Griffithsia acuta Zanard.* (Assoc. franç. Avanc. Sciences, Congrès Cherbourg, 1905).

E. Zederbauer : *Spaltpilzflechten* (Österr. bot. Zeitsch., 1906).

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Mai 1907

N° 221

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 MAI 1907

Pages

I. — OBSERVATIONS SUR L'APPAREIL RESPIRATOIRE DES ORGANES SOUTERRAINS DES PALMIERS (avec figures dans le texte), par **M. C.-L. Gatin**. 193

II. — RESPIRATION ANAÉROBIE DES GRAINES EN GERMINATION (avec figures dans le texte), par **M^lle N. Junitsky**. 208

III. — ANATOMIE DU *GEUM RIVALE* A PROLIFÉRATION CENTRALE (avec figures dans le texte), par **M. René Viguier**. 221

IV. — GERMINATIONS TÉRATOLOGIQUES DE GRAINS DE POLLEN (avec figures dans le texte), par **M. H. Coupin** 226

V. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE, parus de 1897 à 1902 (avec figures dans le texte), par **M. H. Ricôme** (*suite*) 230

Cette livraison renferme en outre soixante-trois figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

**DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE**

MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE

Préparateur-Micrographe

à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E LEITZ WETZLAR

E. COGIT & Cie

36, Bd St-Michel

PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
**DES MICROSCOPES
de E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
*Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes
de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés*

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

**Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie**

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

VIENT DE PARAITRE

COURS DE BOTANIQUE

par MM.

G. BONNIER
Membre de l'Institut
Professeur de Botanique à la Sorbonne

LECLERC DU SABLON
Professeur de Botanique
à l'Université de Toulouse

Fascicule IV (2^e^ partie) Prix : 3 Francs

Ce fascicule, comprenant les Cryptogames vasculaires et les Muscinées, commence le second volume du *Cours de Botanique.*

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Grenier et Godron, Flore de France, 1848-56, 3 volumes reliés. . . . . 50 »

Patouillard, N. Tabulæ analyt. fungorum. Descr. et analyses microsc. des champignons nouv. rares ou crit. Fasc. I à VII (tout publié) 1883-89. 2 vols, avec 224 pl. col. rel . . . . 130 »

Zigno A. de. Flora foss. formationis ooliticae. Padova, 1856-85. 2 tomes, folio av. 224 pl. col. rel. . 75 »

Coincy A. de. Ecloga plantarum Hispanicarum. Séries I-V. (tout publié) 1893-1901. 5 part. folio avec 59 pl. en cart . . . . 65 »

Reichenbach H. Xenia Orchidacea. Beitraege zur Kenntniss der Orchideen. Lpg. 1858-1900. 3 vols 4° avec 300 pl. la plupart coloriées . . . . 200 »

Bulliard P. Herbier de la France. Hist. des champignons tome I. 1791, 4 pl. u. x. col. tome II. par *Ventenat*, 1812 (moins les pages 509 à 529 Plantes vénéneuses. Dre de botanique et 602 pl. col. et 12 tabl. rel. 1/2 bas. rac. en 5 vols 4°. (q.q. pl. *mouillees*). . . 650 »

Koch, W. Synopsis floræ Germanicæ et Helveticæ. Ed. II. Lipsiæ, 1843-45. 1104 p. rel. . . . . . . 20 »

Boreau A., Flore du Centre de la France. III^e^ édit. 1857, 2 vols . . . . 35 »

Naudin. Les plantes à feuillage coloré 1874, 2 vols, avec 120 fig. et 121 pl. col. rel . . . . 80 »

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRESENTANT
Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement

1, rue Dante, PARIS (V^e^)

Prix : *franco*, broché. . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères. Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

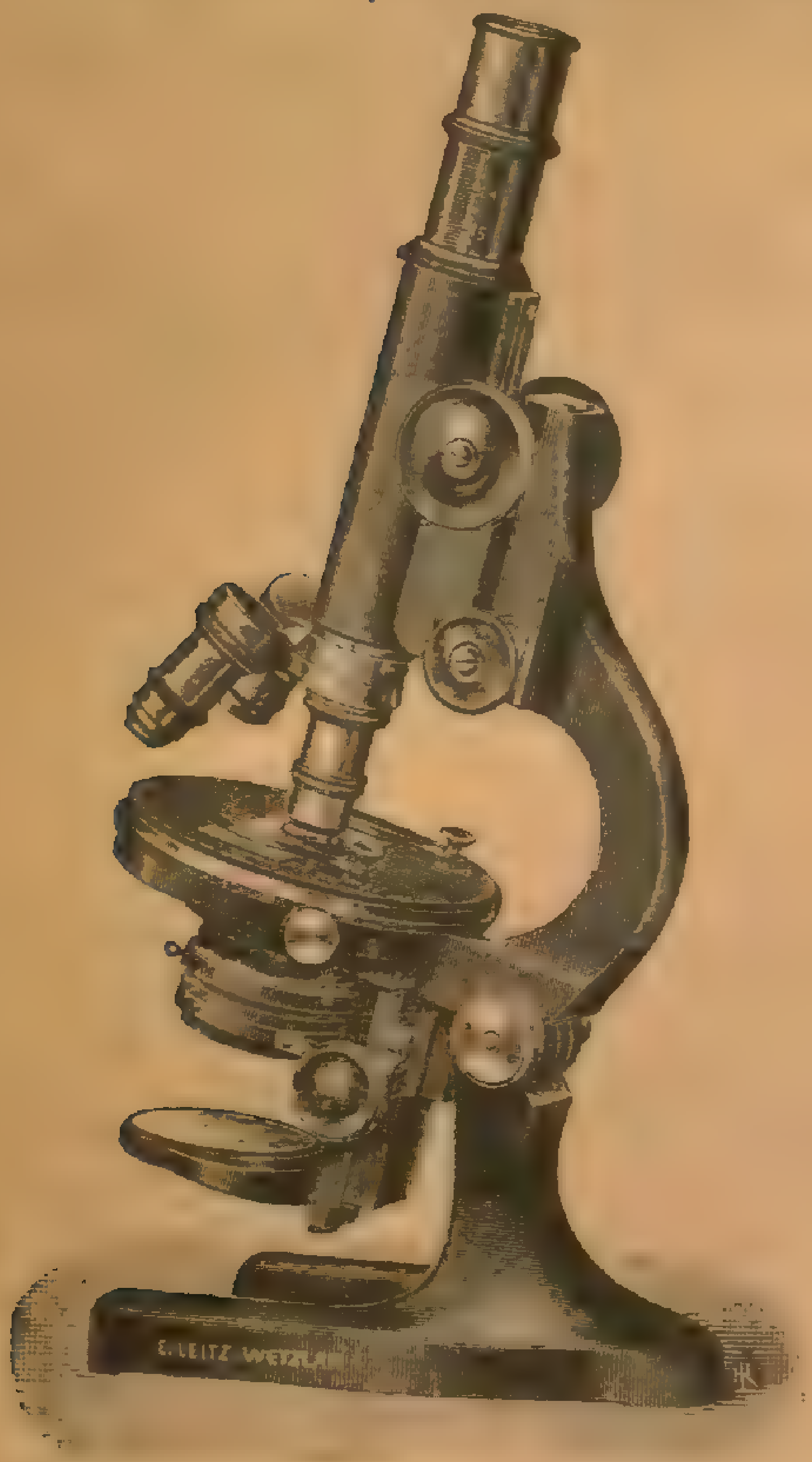
Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant $1^{m}10 \times 0^{m}90$, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR



Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.).

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street

Société Anonyme

A. Lumière et ses Fils

LYON

Plaques, Papiers

Pellicules (Procédé Planchon)

Produits Photographiques

GRANDS-PRIX, Paris 1889 et 1900
HORS CONCOURS — MEMBRE DU JURY
St-Louis, 1904. Liège, 1905. Milan, 1906

Lille — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

OBSERVATIONS SUR L'APPAREIL RESPIRATOIRE
DES
ORGANES SOUTERRAINS DES PALMIERS

par M. C.-L. GATIN

I. — HISTORIQUE

En 1887, M. Jost (1), en étudiant les racines à croissance négativement géotropique que l'on rencontre chez certaines espèces de palmiers, s'aperçut qu'elles portent souvent de petites plaques ou varicosités d'aspect farineux, disposées sur la surface de la racine ou entourant la base, dans ce cas hypertrophiée, des radicelles. Ces organes ne sont pas l'apanage exclusif des « racines respiratoires » car on les trouve également sur des racines ordinaires.

Par une série d'essais de porosité, M. Jost a montré que ces plaques farineuses, pour lesquelles il a proposé le nom de « *Pneumathodes* » peuvent servir aux échanges gazeux, jouant ainsi le rôle de lenticelles.

Il a trouvé ces pneumathodes sur les racines des espèces suivantes :

Phænix reclinata, *P. sylvestris*, *P. dactylifera*, *P. spinosa*, *P. farinifera*, *Livistona australis*, *L. olivæformis*, *L. mauritiformis*, *L. chinensis*, *L. altissima*, *Pritchardia filamentosa*, *Kentia Forsteriana*, *Chamædorea Veitchii*, *Caryota furfuracea*, *Thrinax sp.*, *Pandanus flexuosus*, *P. pygmæus*, *P. furcatus*.

M. Jost a décrit sommairement l'anatomie des « pneumathodes » qui se produisent à la surface des racines, sans s'occuper de leur développement, mais, par contre, il a suivi les divers stades de la formation de ceux qui se trouvent à la base des radicelles.

Pour lui, les « pneumathodes » sont constitués par un tissu lâche, relié par du sclérenchyme court au parenchyme fondamental de l'écorce. Ce sclérenchyme manque chez ceux qui sont à la base des radicelles de *Phœnix*, leur tissu lâche se raccordant directement au parenchyme fondamental. C'est de ces derniers seulement que M. Jost a étudié le développement. Leur origine est très près du point végétatif « sans qu'on puisse apercevoir, pour eux, comme pour les lenticelles, de formations secondaires. »

---

(1) Ludwig Jost: Ein Beitrag zur Kenntniss der Athmungsorgane der Pflanzen (*Bot. Zeit*, n° 37, t. 45, 16 septembre 1887, p. 601-606; 617-628; 633-642; avec 1 planche).

L'auteur figure cependant une coupe d'une jeune radicelle dans laquelle on aperçoit nettement des cloisonnements nombreux intéressant presque toute l'écorce.

Enfin, M. Jost se demande si ces formations sont normales, car il ne les a trouvées que sur des plantes ayant poussé dans des bacs de jardins botaniques.

II. — OBSERVATIONS NOUVELLES

J'ai retrouvé les formations décrites par M. Jost sur des germinations appartenant à un certain nombre d'espèces de Palmiers. Je me suis proposé d'en faire une étude plus approfondie et, notamment, d'en étudier le développement.

Ces « pneumathodes » existent non seulement sur la racine et à la base des radicelles de certains Palmiers, mais encore, dans quelques espèces à germination remotive (1), sur le pétiole et la gaîne du cotylédon.

De plus, ils ne sauraient être considérés comme des productions plus ou moins tératologiques dues à la culture en serre. En effet, j'ai pu en observer sur la racine, la base des radicelles et le pétiole du cotylédon de germinations très avancées de *Borassus flabelliformis* L. récoltées aux environs de Chinde (Afrique orientale portugaise (2).

J'ai pu, d'autre part, faire l'étude du développement de ces organes respiratoires sur des germinations, obtenues en serre (3), des espèces suivantes :

---

(1) L.-Cl. Richard : Analyse botanique des embryons endorhizes. (*Ann. du Museum*, t. XVII, p. 455, 1811).

(2) Qui m'ont été rapportées par M. G. Le Testu, Ingénieur-Agronome.

(3) Dans les serres du Muséum d'Histoire naturelle de Paris et dans celles de l'Ecole supérieure de Pharmacie.

Borassus flabelliformis L., *Hyphœne sp.*, *Hyphœne coriacea* Gœrtn., *Latania Loddigesii* Mart., *Lodoïcea Seychellarum* La Bill.

1° BORASSUS FLABELLIFORMIS L.

A. *Organes respiratoires de la surface des racines.* — La fig. 1 représente un fragment d'une racine âgée de *Borassus flabelliformis* sur lequel on peut voir, en *l*, un « pneumathode » situé sur la surface de la racine et, en *l'*, un autre « pneumathode » entourant la base hypertrophiée d'une radicelle.

Nous nous occuperons tout d'abord de celles des plaques farineuses qui sont situées à la surface de la racine principale.

Elles apparaissent, tout d'abord, assez loin du point végétatif, sous forme de taches allongées, de couleur jaunâtre. A 10 cm. environ de ce point végétatif, elles prennent l'aspect d'une sorte de pustule faisant légèrement saillie, d'aspect granuleux et de coloration grisâtre. Elles contrastent ainsi avec le corps de la racine, d'aspect lisse et de couleur jaunâtre. Sur des racines un peu plus âgées, dont la surface a pris une coloration rouge-brun, on les voit nettement apparaître sous forme de taches blanc grisâtre, d'aspect farineux, légèrement soulevées au-dessus de l'épiderme, très lisse, de la racine (fig. 1, *l*).

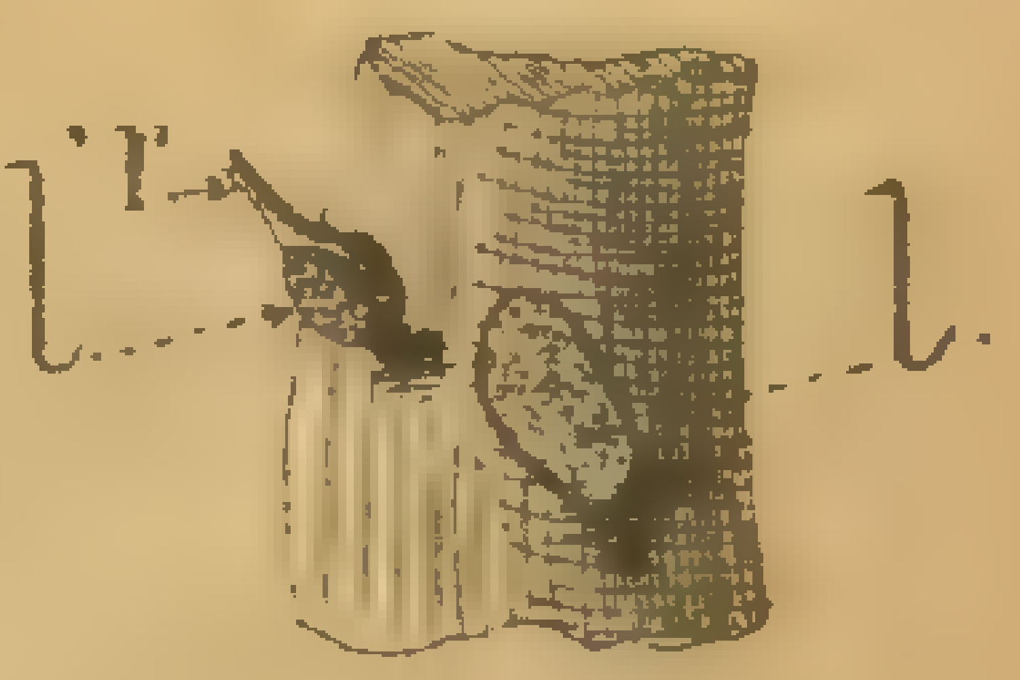


Fig. 1. — Fragment d'une racine d'une germination âgée de *Borassus flabelliformis* L. (Grossi 2 fois). — *l*, *l'*, organes respiratoires ; *r*, radicelle.

On peut, sur une seule racine, en étudiant des points de plus en plus éloignés du sommet végétatif, suivre le développement complet de ces plaques farineuses.

Considérons une région de la racine voisine du point végétatif : le cylindre central ne présente encore aucune trace de lignification. La zone corticale externe se compose, de l'extérieur à l'intérieur : 1° de l'assise pilifère et de deux assises sous-jacentes formées d'éléments larges et courts, de dimensions relativement considérables ; 2° de 7 ou 8 assises à éléments étroits et allongés, de petit calibre et sans méats ; 3° enfin de parenchyme cortical typique, à éléments plus gros et laissant entre eux des méats.

Là où une plaque farineuse va se former, ce qui se manifeste à l'extérieur par une tache jaunâtre, l'assise pilifère commence déjà à s'exfolier, repoussée vers l'extérieur par l'accroissement de volume des cellules de l'assise sous-jacente, qui explique la légère saillie que fait vers l'extérieur la jeune plaque farineuse.

Un peu plus tard, la racine commence à se lignifier et, si l'on observe la région externe de l'écorce, on y rencontre de l'extérieur vers l'intérieur les tissus suivants (fig. 2, *I*) :

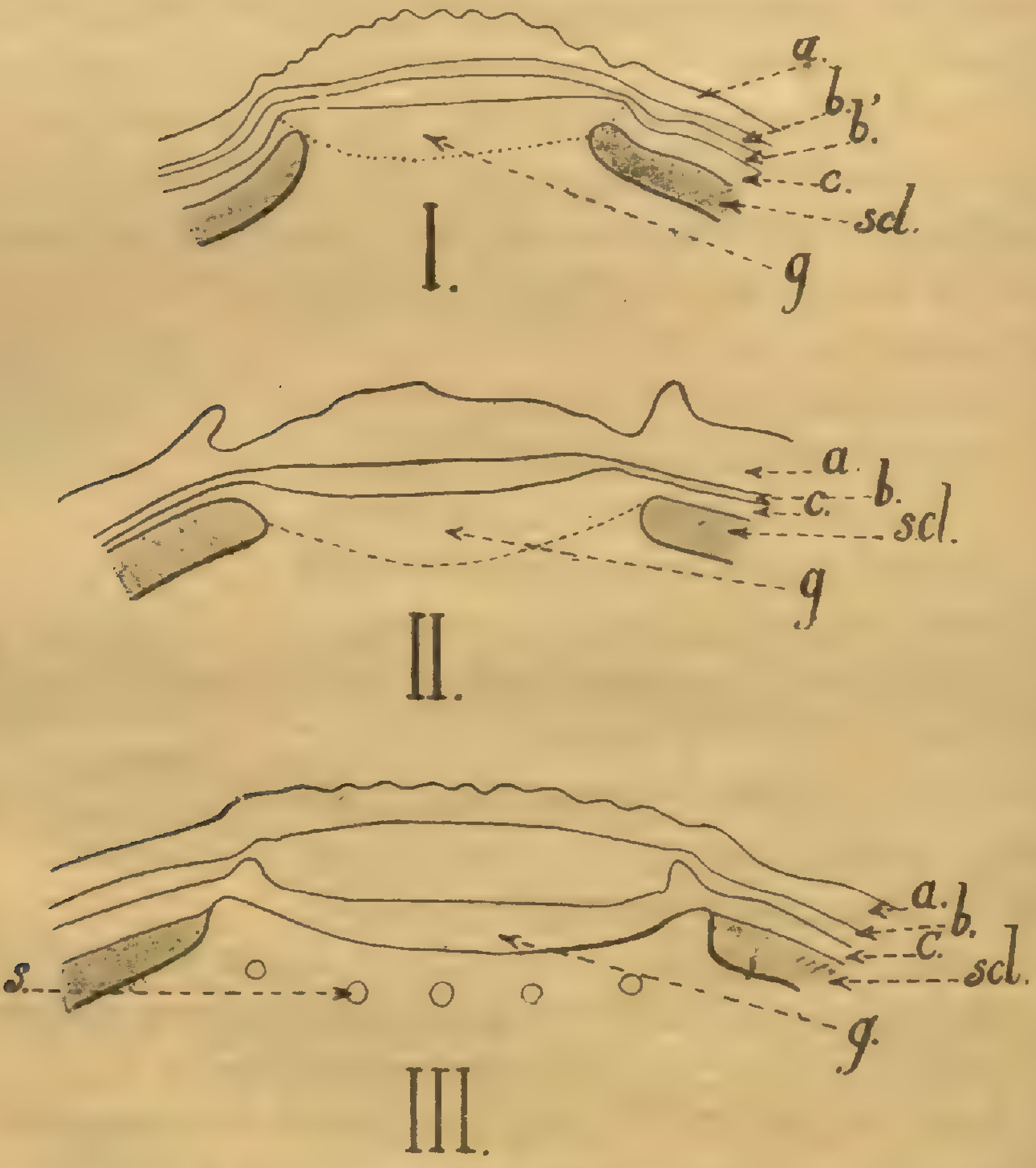


Fig. 2. — *Borassus flabelliformis* L. — I, II, III, États successifs d'une plaque farineuse en voie de développement : Schémas en coupe transversale. — *a*, assise pilifère et assises sous-jacentes formées d'éléments gros et courts ; *b*, fibres de sclérenchyme ; *c*, fibres s'incrustant d'une substance voisine du liège ; *scl*, sclérenchyme sous-cutané ; *g*, assise génératrice diffuse ; *s*, sclérites.

1° L'assise pilifère et les deux assises sous-jacentes qui conservent leur forme, mais qui se lignifient (fig. 2, *a*, *I*) ; 2° Les éléments étroits et allongés de tout à l'heure qui se comportent de façons diverses, de sorte qu'on peut voir dans cette zone plusieurs régions distinctes : c'est tout d'abord une région *b* en voie de sclérification par sa partie interne *b'*, la partie externe *b* étant encore cellulosique ; c'est ensuite une région *c* encore cellulosique et enfin une région *Scl.* formant une couche continue et assez épaisse de sclérenchyme sous-cutané. Ce sclérenchyme cesse au-dessous de la jeune plaque farineuse pour faire place à du parenchyme cellulosique (fig. 2, *g*, *I*).

Enfin, c'est à ce moment que commence, dans tout le parenchyme cortical, la formation des canaux aérifères par écartement de files radiales de cellules.

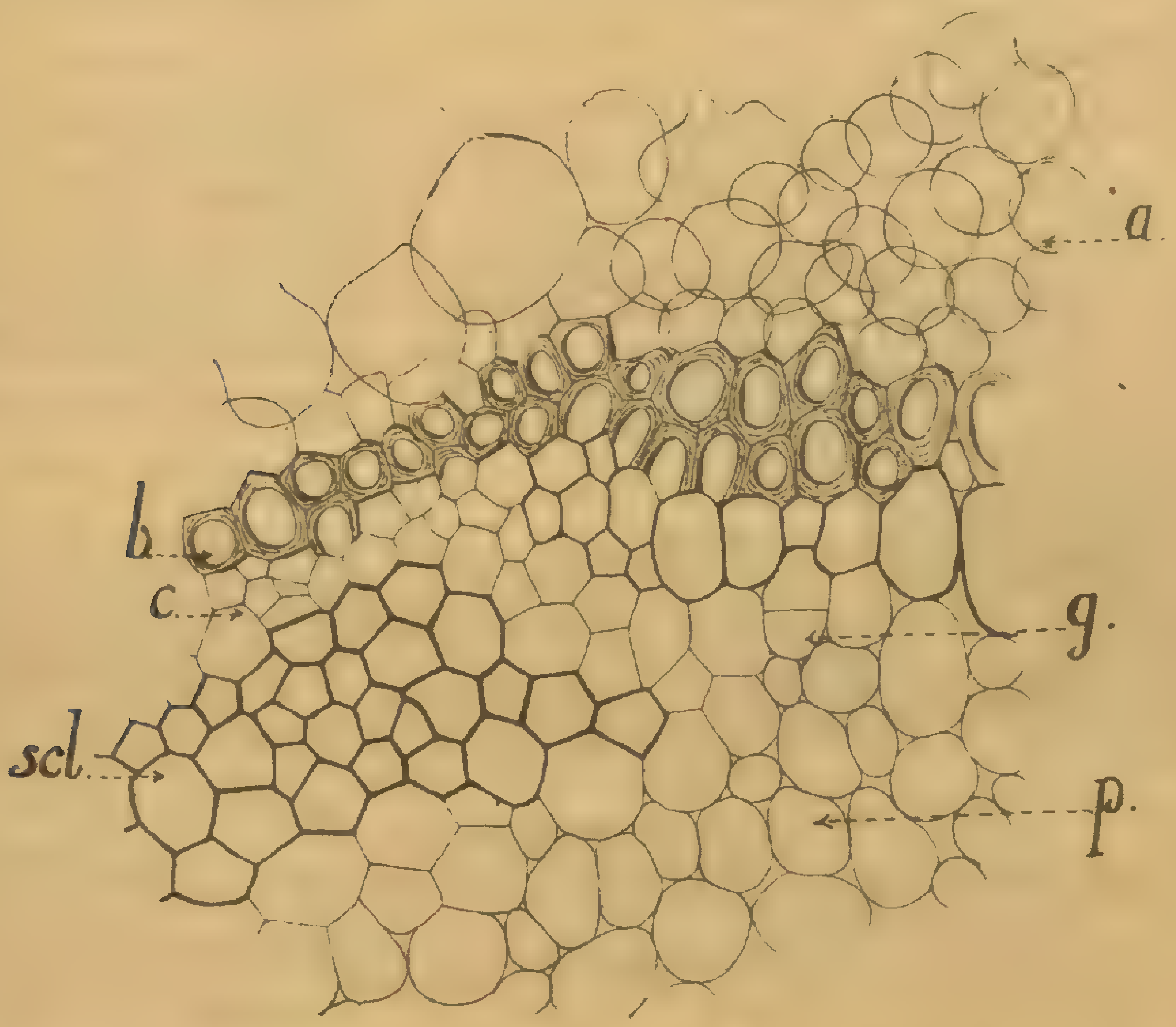


Fig. 3. — *Borassus flabelliformis* L. — Début des cloisonnements sur le bord d'une plaque farineuse. Coupe transversale. (Grossi 210 fois). — *a*, couche externe en voie d'exfoliation ; *b*, couche de fibres s'incrustant de substances subéreuses ; *c*, couche dont la sclérification commence seulement dans la plaque farineuse ; *scl*, sclérenchyme sous-cutané ; *g*, assise génératrice diffuse ; *p*, parenchyme cortical.

Cependant, la lignification de la racine continue à progresser (fig. 2, II et fig. 3) :

b est complètement lignifié et, en outre, les éléments s'épaississent beaucoup, deviennent fibreux et s'incrustent d'une substance que Jost a déjà signalée comme voisine du liège.

c ne présente pas d'éléments plus épaissis mais ne se colore plus bien par le carmin ; enfin on retrouve toujours, en dessous de *c*, le sclérenchyme sous-cutané *Scl.*

A l'endroit de la plaque farineuse, on retrouve les mêmes tissus avec certaines modifications : *a* et la partie externe de *b* s'exfolient, *b* présente d'ailleurs ici les mêmes caractères qu'en un point quelconque de la surface de la racine.

La partie externe de la région *g*, qui fait suite à *c*, commence à se sclérifier pendant que dans la partie interne, située au niveau du sclérenchyme *Scl.*, se produisent les premiers cloisonnements (fig. 3).

Si nous considérons (fig. 4), une racine un peu plus âgée, nous pourrions voir se produire, dans la région *g*, de nombreux cloisonnements qui augmentent l'épaisseur des tissus du pneumathode et qui permettent de considérer cette région comme une assise génératrice diffuse. On constate également l'épaississement croissant des cellules des régions *b* et *c*.

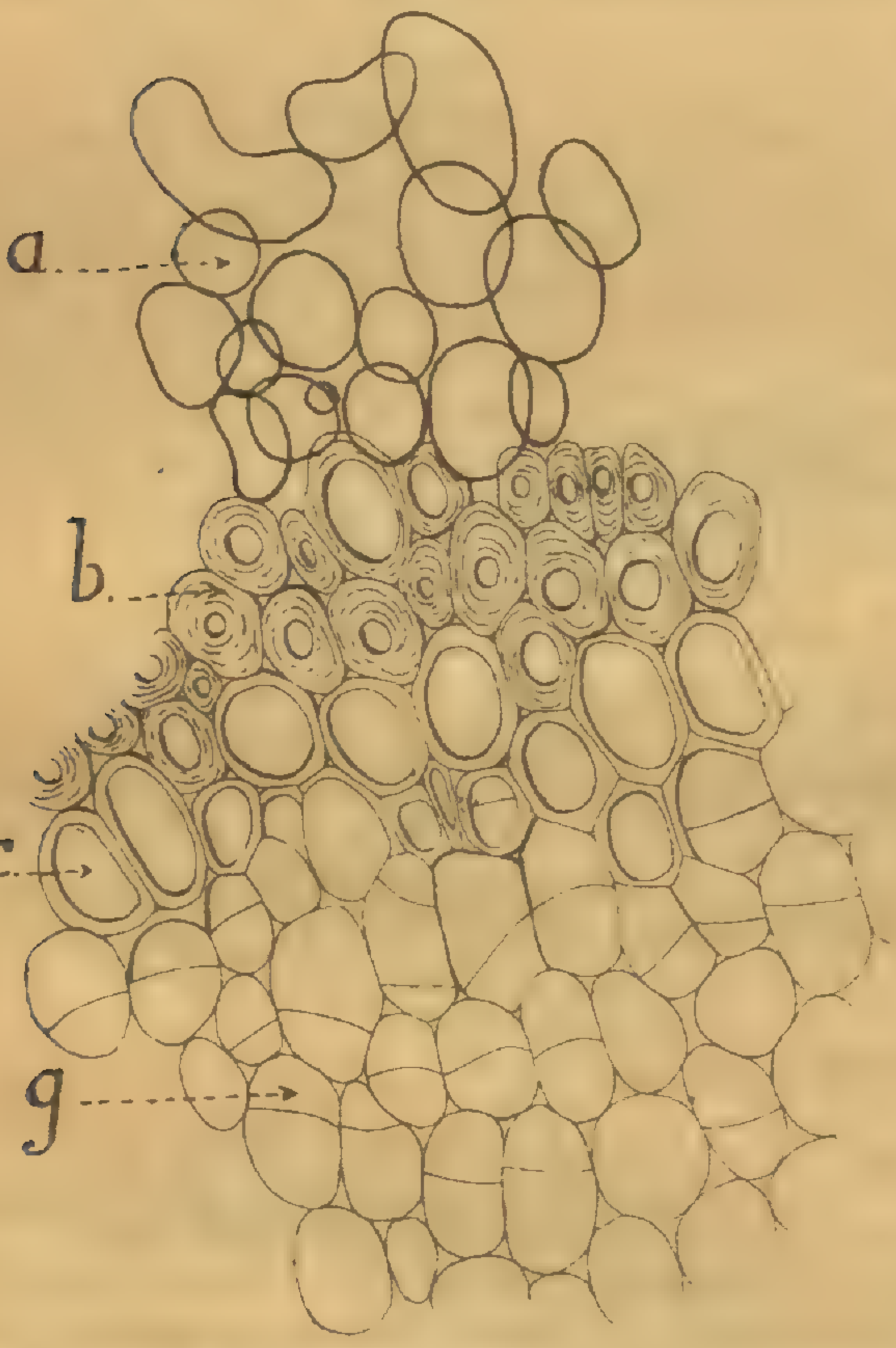


Fig. 4. — *Borassus flabelliformis* L. — Plaque farineuse en voie de cloisonnement. Coupe transversale. (Grossi 210 fois). — *a*. couche externe en voie d'exfoliation ; *b*, fibres incrustées d'une substance voisine du liège ; *c* fibres sclérifiées ; *g*, assise génératrice diffuse.

Enfin, dans une plaque farineuse tout à fait âgée (fig. 2. *III*), on a constaté que la région *c* est complètement sclérifiée. Les cloisonnements ne se produisent plus et l'on assiste à l'apparition, à la limite interne de l'assise génératrice diffuse, de sclérites (fig. 2, *s*, *III*), qui suppléent vraisemblablement à l'absence du sclérenchyme sous-cutané *Scl.*

Jost avait déjà remarqué que tous les éléments formant la plaque farineuse sont beaucoup plus courts que ceux des autres portions de la racine. La comparaison des figures 5 et 6 fera mieux ressortir ce fait. Cette réduction de la longueur des éléments se manifeste également sur le parenchyme cortical, jusqu'à une assez grande profondeur (fig. 7, *l*).

La plaque farineuse ainsi constituée se compose donc : 1° d'une couche externe, en voie d'exfoliation formée par l'assise pilifère et les deux assises sous-jacentes (*a* dans toutes les figures).

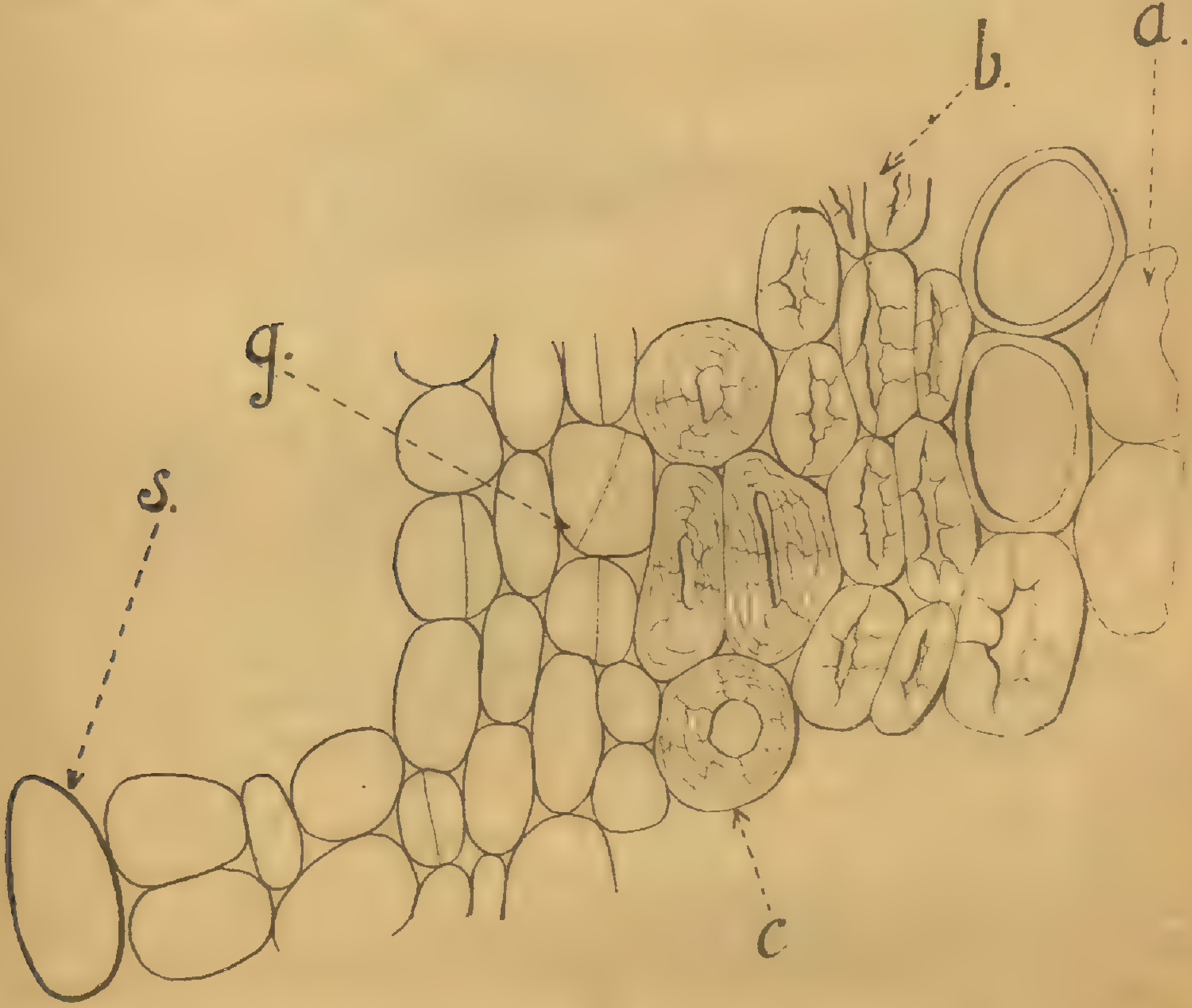


Fig. 5. — *Borassus flabelliformis* L. — Coupe longitudinale dans une plaque farineuse âgée. (Grossi 210 fois). — Mêmes lettres que pour les figures précédentes.

2° D'une couche protectrice formée par *b* et *c* et dont la partie externe (*b*) s'incruste d'une substance voisine du liège. Cette couche protectrice est formée d'éléments courts au lieu d'être comme la couche protectrice générale de la racine, formée d'éléments longs et imbriqués.

3° D'une couche de raccord au parenchyme général, formée également d'éléments courts, et dans la partie externe de laquelle il se produit, à un moment donné, des cloisonnements formant une assise génératrice diffuse.

Enfin, tout cet ensemble se trouve situé au-dessous d'une plage de la racine dépourvue de sclérenchyme sous-cutané.

B. *Organes respiratoires entourant la base des radicelles.* — Ils diffèrent peu, par leur constitution, de ceux que nous venons d'étudier. Une radicelle comporte les mêmes tissus que la racine principale. Elle est limitée à l'extérieur par une assise pilifère formée d'éléments larges et courts, au-dessous de laquelle se trouve une autre assise de constitution semblable. Cet ensemble correspond à la zone que nous avons désignée jusqu'ici, dans notre exposé, par la lettre *a*. On retrouve au-dessous les couches *b* et *c* avec les caractères que nous leur avons décrits dans la racine principale, mais formées

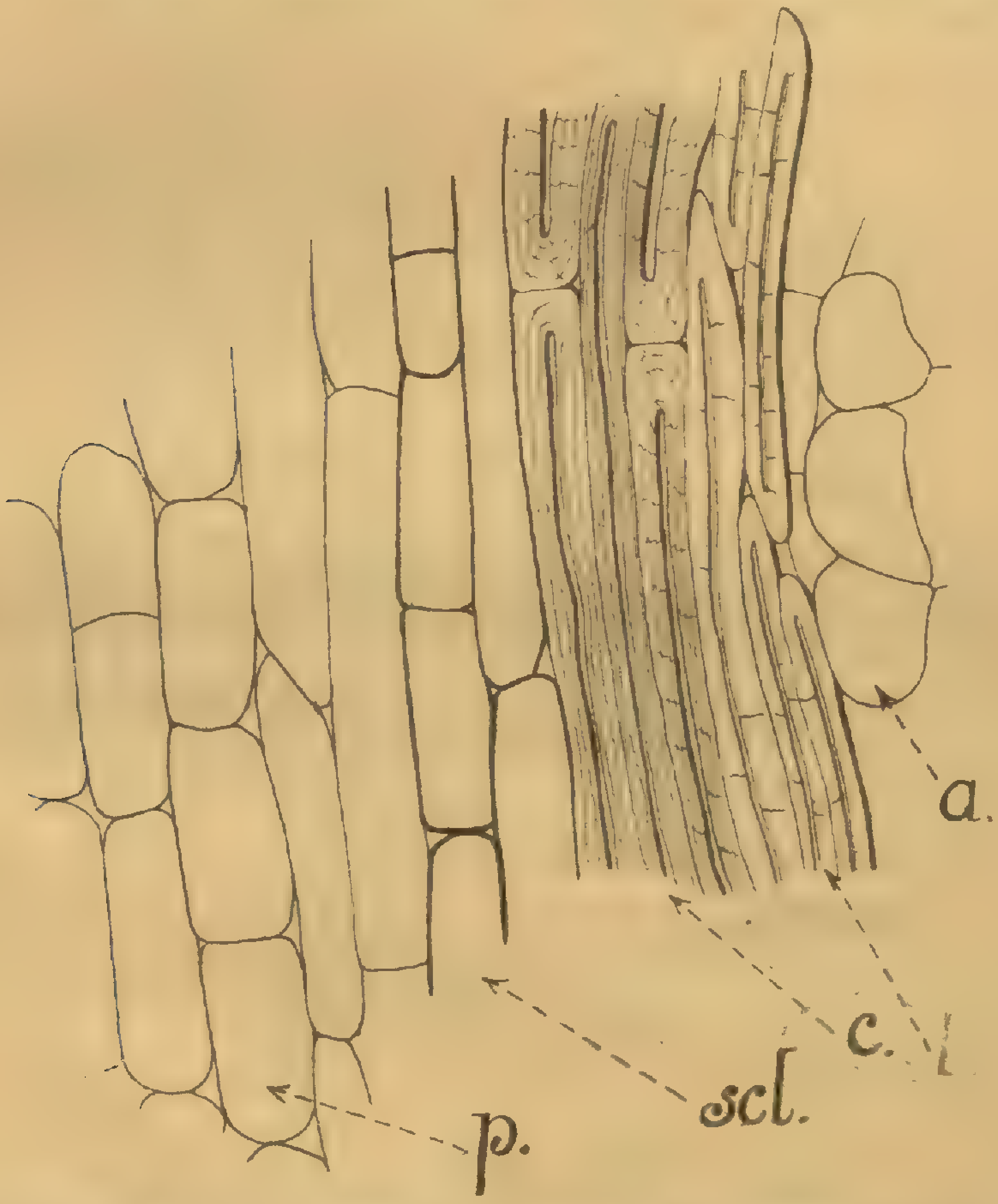


Fig. 6. — *Borassus flabelliformis* L. — Coupe longitudinale dans la région corticale externe de la racine portant la plaque farineuse dont la coupe est représentée fig. 5. (Grossi 210 fois) — Mêmes lettres.

d'un nombre un peu plus petit d'assises de cellules ; enfin la couche de sclérenchyme sous-cutané *Scl*. Bien entendu, tous ces éléments sont très allongés dans le sens de la longueur de la radicelle.

Ces radicelles sont, la plupart du temps, hypertrophiées à leur base (fig. 1, *l'*). Une section transversale, faite dans une partie hypertrophiée, offre précisément une structure qui est caractéristique des pneumathodes formés sur la racine principale : Exfoliation de la couche *a*, augmentation du nombre des assises de cellules formant *b* et *c*, disparition de *Scl*, et apparition de sclérites nombreux dans la partie externe de l'écorce. Tous ces éléments sont, en outre, très raccourcis dans le sens longitudinal. Dans la région parenchymateuse, qui, en profondeur, correspond au sclérenchyme *Scl.*, se produisent, en outre, des cloisonnements. Ainsi, la base hypertrophiée de ces radicelles apparaît comme ayant la structure d'une plaque farineuse sur tout son pourtour. Cette structure apparaissant identiquement avec les mêmes caractères dans les deux cas.

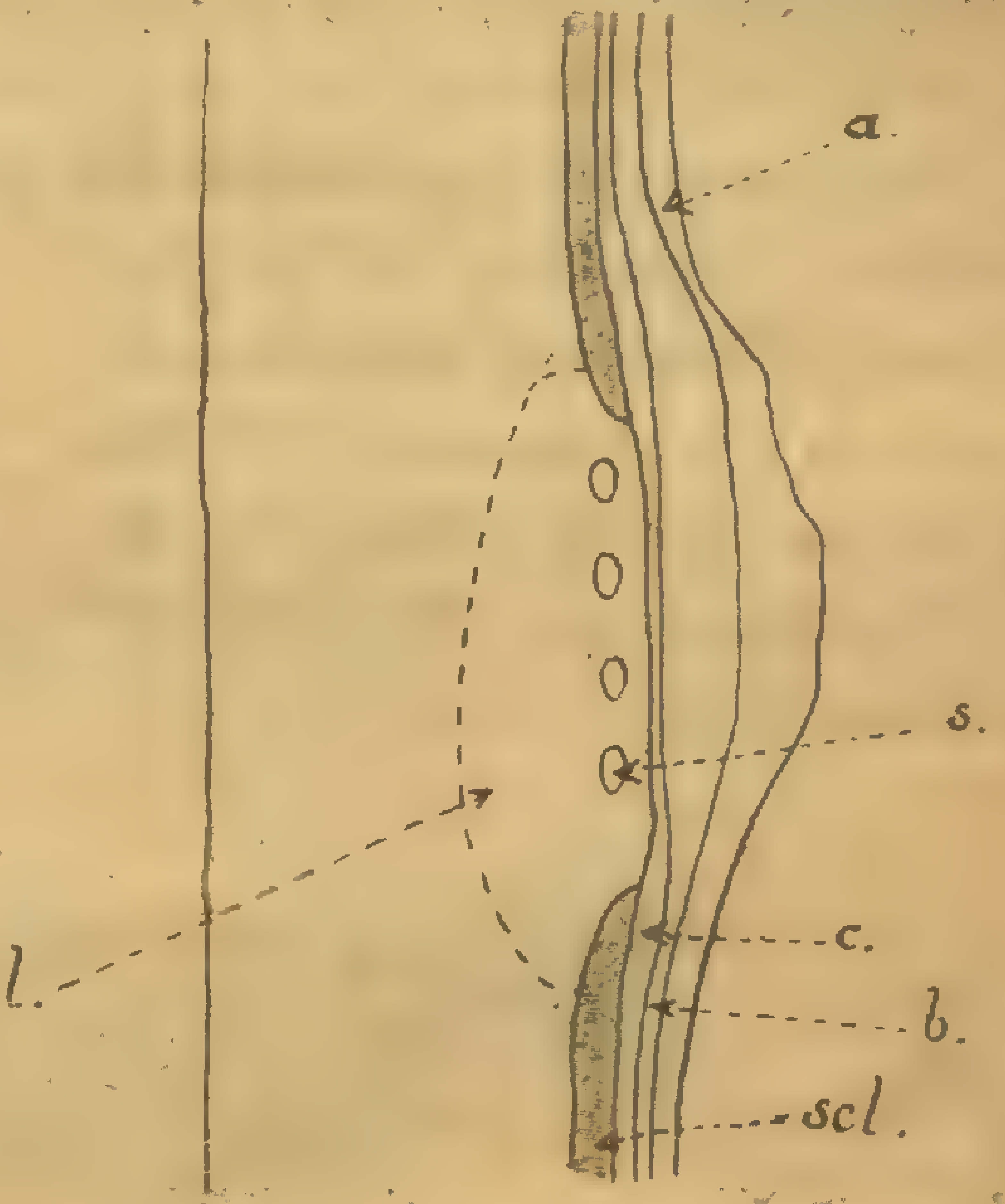


Fig. 7. — *Borassus flabelliformis* L. — Coupe longitudinale, schématique, dans l'écorce d'une racine au niveau d'une plaque farineuse. — *a*, couche externe en voie d'exfoliation ; *b*, fibres incrustées d'une substance voisine du liège ; *c*, fibres sclérifiées ; *scl*, sclérenchyme sous-cutané ; *l*, parenchyme cortical à éléments courts ; *s*, sclérites.

G. *Organes respiratoires du pétiole et de la gaîne cotylédonaires*. — Si l'on considère de jeunes germinations de *Borassus flabelliformis*, on voit apparaître à leur surface, dès leur sortie de la graine, des taches blanchâtres qui, sur des germinations âgées, deviennent très nombreuses, grandes et irrégulières de forme (fig. 8). Ce sont des plaques farineuses dont la structure est tout à fait semblable à celles des organes similaires situés à la surface des racines.

Ces organes respiratoires commencent à se former dès que l'extrémité radiculaire de l'embryon apparaît à l'extérieur de la graine. La fig. 9 représente une coupe longitudinale de l'extrémité radiculaire d'un embryon au début de sa germination sur laquelle on distingue en *l*, une partie renflée qui correspond à une jeune plaque farineuse. Cette coupe est tangentielle, de sorte qu'on n'y voit pas figurer la gemmule qui se trouve au sein du parenchyme *p a*, lequel appartient à la gaîne du cotylédon.

Ce parenchyme présente une zone en voie de cloisonnement actif correspondant au développement d'une zone méristématique que j'ai longuement étudiée dans un travail récent (1). La limite interne de cette zone est ici figurée en *m*.

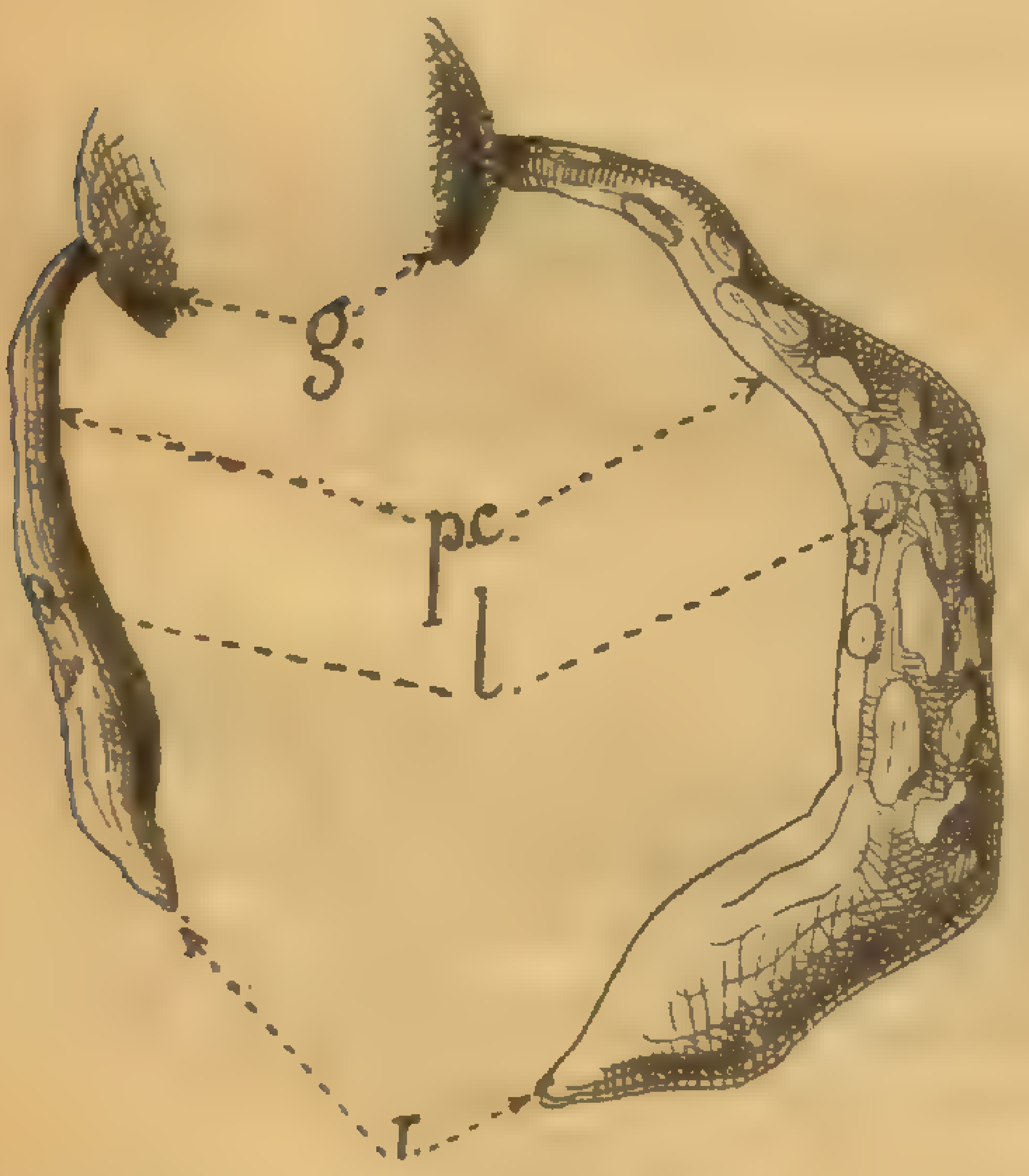


Fig. 8. — *Borassus flabelliformis* L. — Deux états successifs de la germination. (1/2 grandeur naturelle). — *g*, graine ; *pc*, pétiole cotylédonaire ; *l*. plaques farineuses ; *r*, extrémité radiculaire.

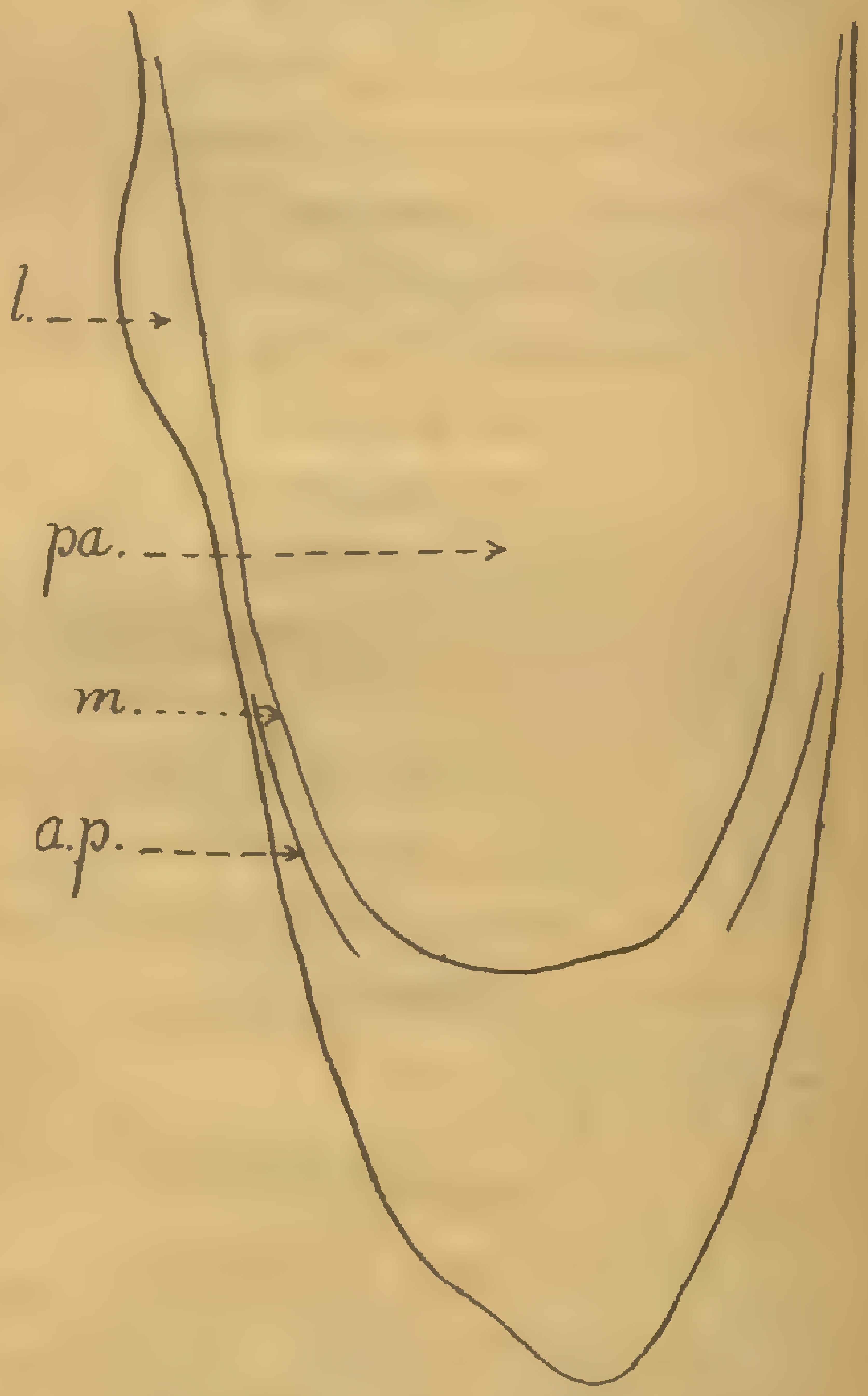


Fig. 9. — *Borassus flabelliformis* L. — Coupe longitudinale tangentielle (schématique), dans l'extrémité d'une très jeune germination. — *l*, plaque farineuse ; *pa*, parenchyme de la gaîne cotylédonaire ; *ap*, assise pilifère.

---

(1) C.-L. Gatin : Recherches anatomiques et chimiques sur la germination des Palmiers. (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, t. III, 9e série, p. 191-315, 1906).

Une coupe plus grossie (fig. 10) de la plaque farineuse *l* au début de son développement montre l'hypertrophie des éléments dont elle est formée au-dessous de l'épiderme général de l'embryon.

La région corticale externe du pétiole et de la gaîne cotylédonaires du *Borassus flabelliformis* possède sensiblement la même structure que celle de la racine :

A l'extérieur, l'épiderme qui est plus ou moins papilleux et dont les éléments, de même que ceux des deux ou trois assises sous-jacentes, restent larges et peu allongés dans le sens longitudinal.

Au-dessous, plusieurs assises qui se sclérifient tardivement et dont, les éléments, s'allongeant beaucoup, deviennent fibreux et s'incrustent d'une substance voisine du liège.

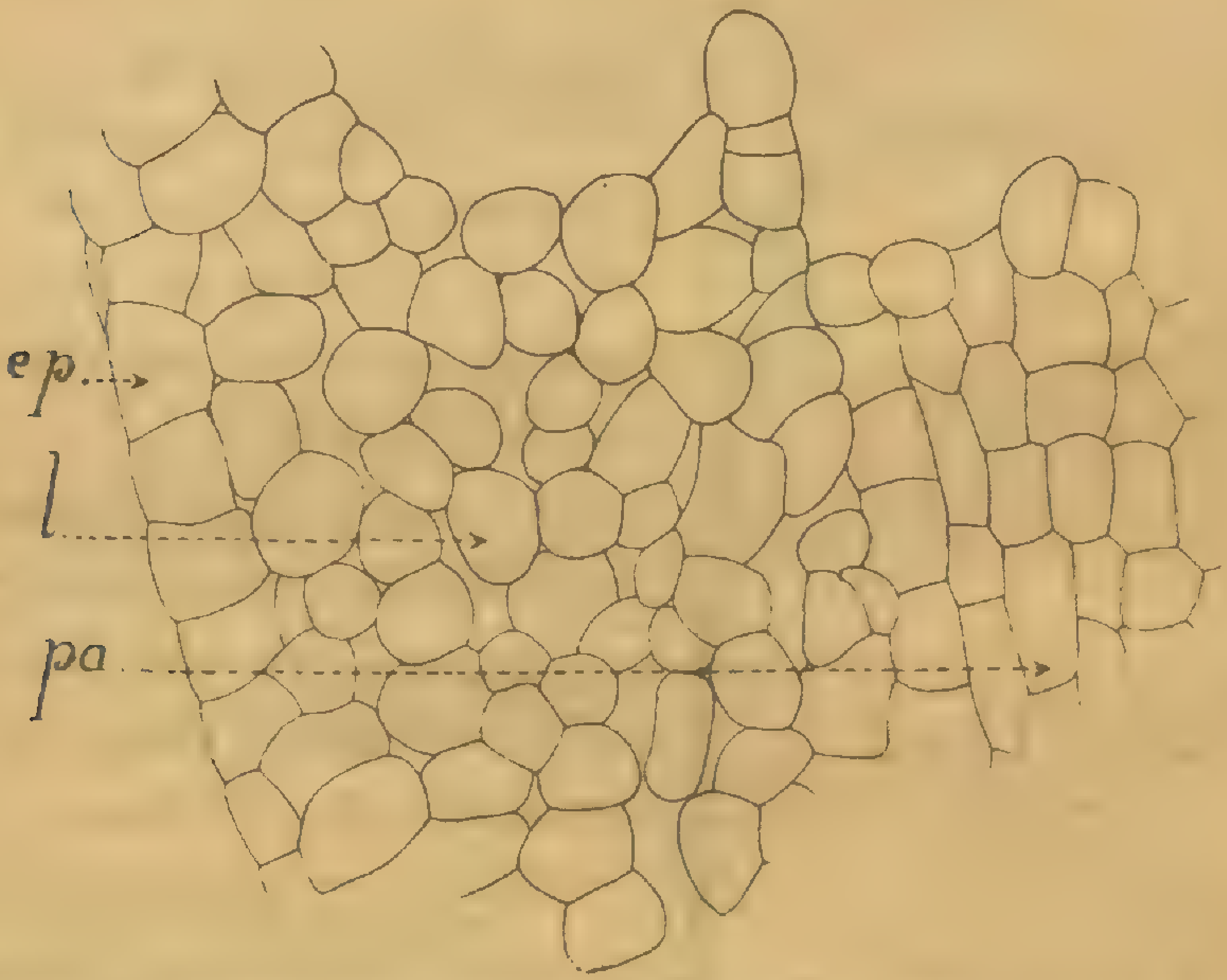


Fig. 10. — *Borassus flabelliformis* L. — Plaque farineuse de la figure précédente, grossie 210 fois. — *ep*, épiderme général de l'embryon ; *l*, tissu hypertrophié de la jeune plaque farineuse ; *pa*, parenchyme.

Enfin, du sclérenchyme sous-cutané et le parenchyme général, ces éléments très allongés dans le sens longitudinal.

La plaque farineuse occupe toujours une plage au-dessous de laquelle manque le sclérenchyme sous-cutané, celui-ci faisant place à une assise génératrice diffuse.

Lorsqu'elle est complètement formée, cette plaque montre une assise externe exfoliée, une assise moyenne fibreuse, correspondant à l'assise fibreuse générale, enfin, l'assise génératrice diffuse à l'intérieur de laquelle, chez des plaques farineuses âgées, une assise de cellules du parenchyme lignifié presque tous ses éléments ; cette assise joue le même rôle de soutien que jouaient les sclérites décrits plus haut, à la limite interne des plaques farineuses des racines.

Nous voyons donc que, chez le *Borassus flabelliformis*, les plaques farineuses situées sur des parties très diverses de la plante présentent uniformément la même structure.

2° HYPHŒNE sp.

Des graines d'*Hyphœne* m'ont été envoyées de Chinde (Afrique orientale portugaise), par M. Le Testu. J'ai pu en obtenir des germinations (1) telles que celle que représente la fig. 11. Sur le pétiole cotylédonaire on aperçoit, en *l*, une plaque farineuse.

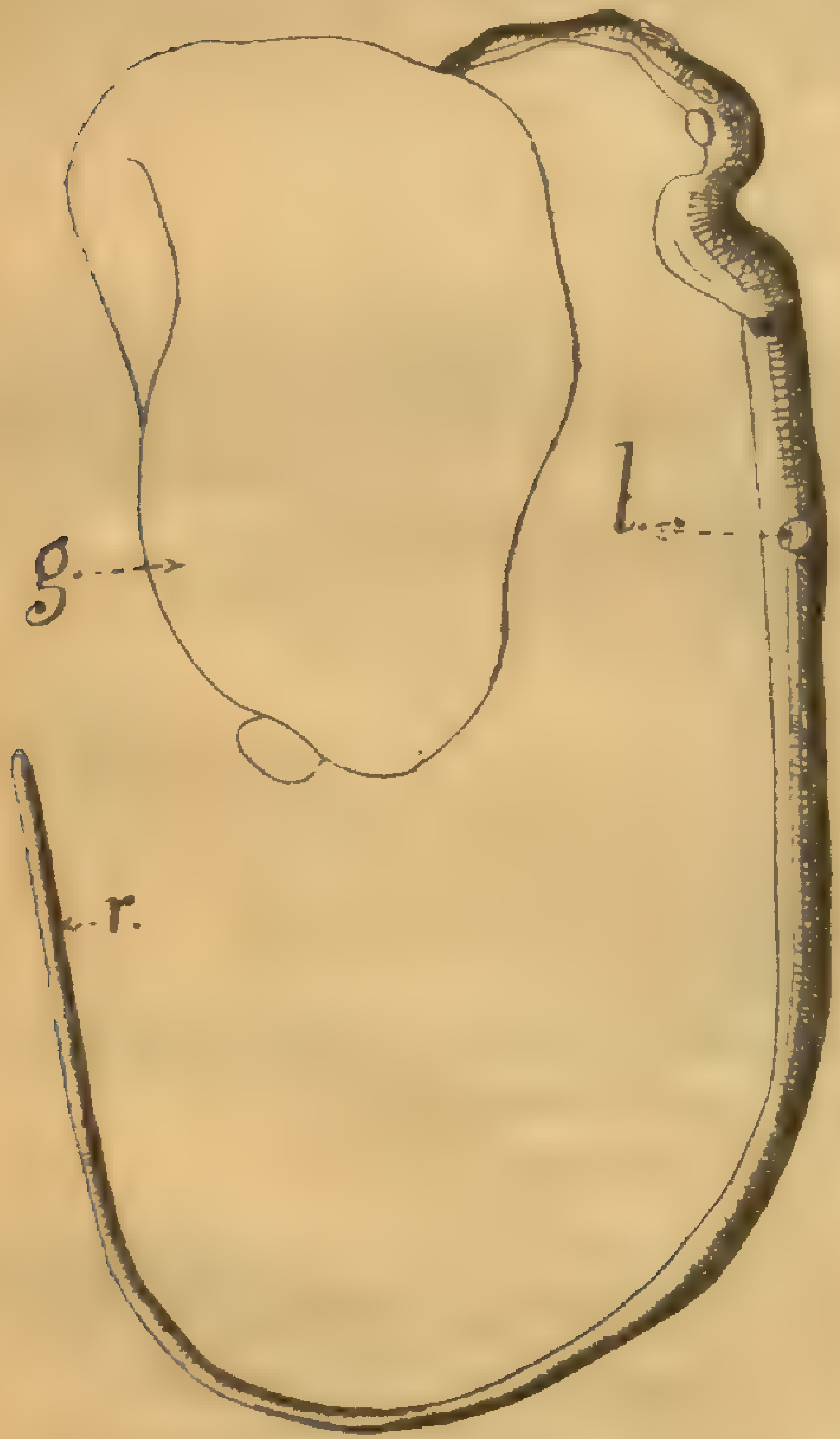


Fig. 11. — *Hyphœne* sp. — Germination (1/2 grandeur naturelle). — *g*, graine ; *l*, plaque farineuse ; *r*, extrémité radiculaire.

La structure des plaques farineuses du pétiole cotylédonaire est tout à fait semblable à celles du *Borassus flabelliformis* ainsi que le montre la fig. 12.

On peut voir que le sclérenchyme sous-cutané *Scl* s'interrompt ici également pour faire place à l'assise génératrice *ag* de la plaque farineuse.

Dans des plaques farineuses plus avancées que celle que représente la figure, on observe également un épaississement des couches moyennes, qui deviennent des couches de protection.

---

(1) Dans les serres de l'Ecole supérieure de Pharmacie.

3° HYPHŒNE CORIACEA Gærtn.

J'ai pu étudier chez cette espèce, très voisine de la précédente, des germinations plus âgées. Le « pneumathode » est construit ici comme dans l'espèce précédente, mais le pétiole cotylédonaire présente une particularité que j'ai signalée très récemment (1), et qui n'est pas sans intérêt au point de vue qui nous occupe. Au-dessous du sclérenchyme sous-cutané, on rencontre ici une assise génératrice, donnant vers l'extérieur un périderme scléreux.

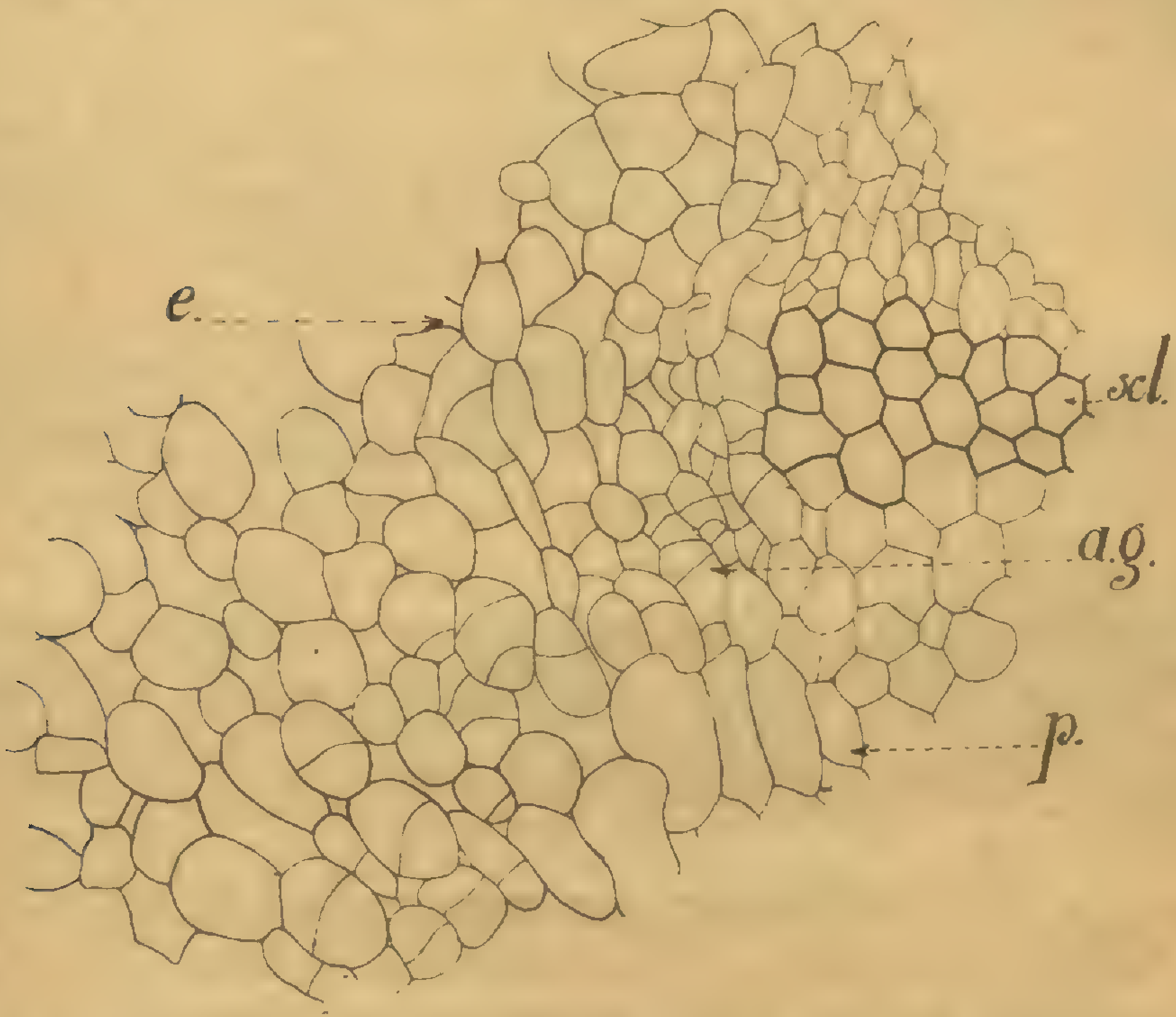


Fig. 12. — *Hyphœne* sp. — Coupe transversale du pétiole cotylédonaire passant par une plaque farineuse. (Grossi 210 fois). — *scl*, sclérenchyme sous-cutané; *ag*, assise génératrice ; *p*, parenchyme; *e*, région externe de la plaque farineuse en voie d'exfoliation.

Cette assise est en absolue continuité avec celle des plaques farineuses, ce qui met particulièrement en relief leur nature secondaire.

4° LATANIA LODDIGESII Mart.

La fig. 13 représente une germination d'une plante de cette espèce avec une plaque farineuse en *l*. La structure de cet organe se présente encore avec les mêmes caractères que celle des organes similaires des espèces que nous venons de passer en revue.

---

(1) *Bull. de la Soc. Botanique de France*, Avril 1907.

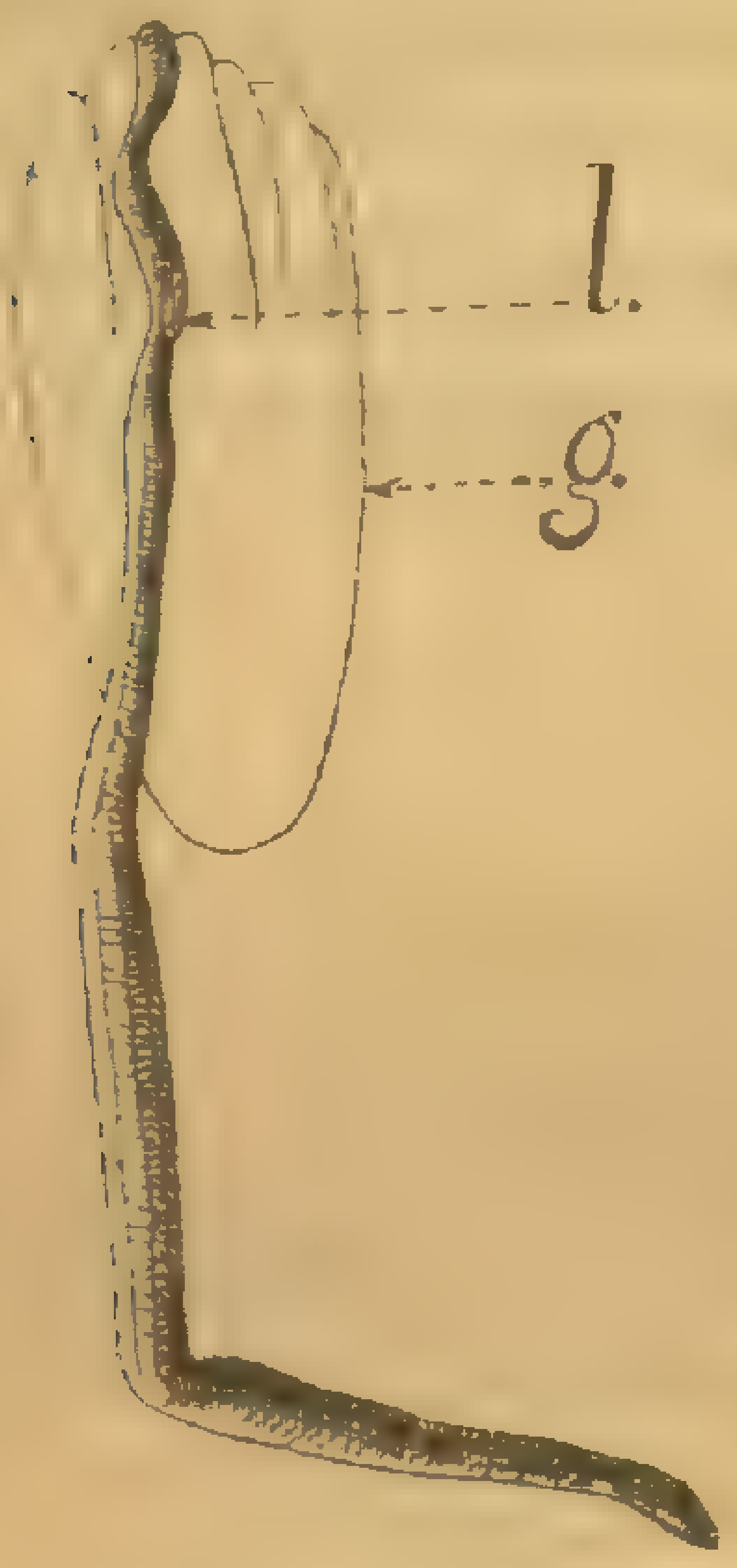


Fig. 13. — *Latania Loddigesii Mart.* — Germination (grandeur naturelle). — *g*, graine ; *l*, plaque farineuse.

5° Lodoïcea Seychellarum La Bill.

Les serres du Muséum d'Histoire naturelle possèdent actuellement une germination de *Lodoïcea Seychellarum* dont le pétiole cotylédonaire porte de nombreuses plaques farineuses. Grâce à l'obligeance de M. le Professeur Costantin j'ai pu étudier le pétiole cotylédonaire d'une autre germination de *Lodoïcea*, obtenue autrefois au Muséum et conservée au laboratoire de culture. La structure des plaques farineuses est, ici encore, exactement identique à celle des plaques farineuses du pétiole cotylédonaire du *Borassus*.

III. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1° Les « Pneumathodes » signalés par M. Jost (1) sur les racines et à la base des radicelles de certains Palmiers se rencontrent également sur le pétiole du cotylédon de plusieurs espèces remotives.

2° Ils se rencontrent non seulement sur des espèces vivant dans les jardins botaniques, mais aussi sur des plantes ayant crû spontanément.

3° Ils se forment en un point des organes où le sclérenchyme sous-cutané est interrompu, grâce à l'activité d'une assise génératrice diffuse dans plusieurs couches de cellules. A leur hauteur, tous les éléments de la région corticale externe sont très courts, alors que partout ailleurs ils sont très allongés.

L'assise génératrice des « Pneumathodes » se trouve, dans certains cas (*Hyphæne coriacea*) en continuité avec l'assise génératrice péridermique.

---

(1) Jost, loc. cit.

4° La structure des « plaques farineuses » des Palmiers se rapproche beaucoup de celle décrite par Hannig (1) pour les » Staubgrübchen » des Marattiacées, comprenant comme elles une couche externe d'exfoliation, une couche moyenne de protection et une couche interne marquant le passage au parenchyme cortical, et dans laquelle se produisent de nombreux cloisonnements.

D'autre part, elles se rapprochent beaucoup, par leur mode de formation, des lenticelles proprement dites et peuvent même, comme celles-ci, être formées par une assise génératrice péridermique.

Je propose donc d'abandonner pour ces organes la dénomination de « Pneumathodes » proposée par Jost et qu'il convient de réserver pour les organes décrits par Leitgeb (2), Schimper, Müller, etc., sur la racine aérienne de certaines Orchidées.

Il me semble qu'il serait beaucoup plus légitime de les réunir avec les « Staubgrübchen » des Marattiacées sous le nom de *Lenticelles primitives*, caractérisées par leur situation dans une région où le sclérenchyme sous-cutané fait défaut, par leur formation, par hypertrophie des tissus, puis par l'activité d'une assise génératrice diffuse dans plusieurs couches de cellules.

5° Enfin, il ne me paraît pas sans intérêt au moment où les travaux de l'école anglaise ont remis à l'ordre du jour les importantes questions de philogénie des grands groupes végétaux, de constater une grande analogie de structure entre les organes respiratoires des Palmiers et ceux des Cyathœacées et des Marattiacées.

---

(1) Hannig : Ueber die Staubgrübchen an den Sämmen und Blattstielen der Cyatheaceen und Marattiaceen. (*Bot. Zeitg.*, 1898, p. 9-33, avec 1 planche).

(2) La bibliographie complète de cette question se trouve dans Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie (43ᵉ édition).

RESPIRATION ANAÉROBIE DES GRAINES EN GERMINATION

par Mlle N. JUNITZKY

La respiration anaérobie ou fermentation propre des plantes supérieures a été étudiée à maintes reprises. Les nombreuses expériences faites sur ce sujet ont montré que le rapport entre la quantité de CO^2 dégagée par la plante dans une atmosphère privée d'oxygène et celle dégagée dans l'air ordinaire varie beaucoup. Mais ces expériences n'ont pas, pour la plupart, constitué des recherches suivies ; c'est pourquoi, sur les conseils et sous la direction de M. le professeur Palladine, j'ai résolu d'étudier les variations du rapport $\frac{I}{N}$ aux différents stades de la germination des graines.

Les matériaux de mes expériences ont été les graines de Froment (*Triticum sativum*), de Pois (*Pisum sativum*) et de Grand Soleil (*Helianthus annuus*).

J'ai fait germer une grande quantité de ces graines dans du sable placé dans un endroit chaud. J'ai pris des plantules de même âge et j'ai mesuré la quantité de CO^2 dégagé dans l'air (respiration normale) et dans l'hydrogène (respiration intramoléculaire).

Les tableaux qui suivent indiquent la quantité de CO^2 dégagée par des plantules aux divers stades de germination, ainsi que les rapports $\frac{I}{N}$. La quantité d'acide carbonique dégagée a été déterminée à l'aide de l'appareil de Pettenkoffer (1).

---

(1) Pfeffer : *Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tubingen*, I, 1885, page 637.

Expérience N° 1. — PLANTULES ÉTIOLÉES DE FROMENT

2 lots de 100 plantules (du 21 novembre au 12 décembre)

Jour de germination et température	Longueur des feuilles (en centimètres)	Atmosphère où se trouvaient les plantules	Durée de l'expérience	Quantité de CO^2 dégagé en milligrammes		Quantité moyenne de CO^2 en 1 heure	$\frac{I}{N}$
				1er lot de 100 plantules	2e lot de 100 plantules		
Cinquième 21°	1,8	Air	1 h.	8,6	7,4	8,3	0,40
		»	1 h.	9,0	8,2		
		Hydrogène	2 h.	7,0	7,2	3,3	
		»	2 h.	6,2	6,4		
Sixième 20°	3,0	Air	1 h.	9,6	10,6	10,1	0,41
		»	1 h.	10,0	10,0		
		Hydrogène	2 h.	8,4	8,8	4,2	
		»	2 h.	8,0	8,0		
Septième 18°	6,5	Air	1 h.	10,0	9,8	10,1	0,39
		»	1 h.	10,8	9,6		
		Hydrogène	2 h.	7,6	7,2	3,9	
		»	2 h.	8,4	8,0		
Huitième 18°	8,5	Air	1 h.	9,8	10,2	10,2	0,42
		»	1 h.	10,4	10,4		
		Hydrogène	2 h.	8,8	9,2	4,3	
		»	2 h.	8,0	8,4		
Neuvième 18°	10,0	Air	1 h.	10,8	11,4	10,8	0,48
		»	1 h.	10,4	10,8		
		Hydrogène	2 h.	10,4	11,6	5,2	
		»	2 h.	9,2	10,4		
Dixième 18°	11,0	Air	1 h.	10,8	10,4	10,6	0,41
		»	1 h.	11,2	10,0		
		Hydrogène	2 h.	10,8	8,0	4,4	
		»	2 h.	9,2	7,2		
Onzième 17°	12,0	Air	1 h.	10,8	9,6	10,2	0,52
		»	1 h.	10,4	10,0		
		Hydrogène	2 h.	11,2	11,6	5,4	
		»	2 h.	9,6	10,8		
Douzième 18°	15,0	Air	1 h.	9,6	8,8	9,5	0,69
		»	1 h.	10,4	9,2		
		Hydrogène	2 h.	13,6	14,4	6,6	
		»	2 h.	12,0	13,2		

Jour de Germination et Température	Longueur des Feuilles (en centimètres)	Atmosphère où se trouvaient les Plantules	Durée de l'Expérience	Quantité de CO² dégagé en milligrammes		Quantité moyenne de CO² en 1 heure	$\frac{I}{N}$
				1er lot de 100 plantules	2e lot de 100 plantules		
Treizième 17°	16,0	Air	1 h.	7,4	8,8	7,7	0,67
		»	1 h.	8,0	7,2		
		Hydrogène	2 h.	11,2	10,8	5,2	
		»	2 h.	10,4	9,2		
Quatorzième 18°	16,0	Air	1 h.	7,6	8,2	8,1	0,60
		»	1 h.	8,0	8,6		
		Hydrogène	2 h.	10,4	10,0	4,9	
		»	2 h.	10,0	9,2		
Seizième 18°	16,0	Air	1 h.	11,8	12,0	12,0	0,53
		»	1 h.	12,0	12,2		
		Hydrogène	2 h.	13,6	14,4	6,4	
		»	2 h.	12,8	13,6		
Dix-septième 19°	16,5	Air	1 h.	11,2	11,6	12,6	0,36
		»	1 h.	11,6	12,0		
		Hydrogène	2 h.	9,6	8,8	4,6	
Dix-huitième 18°	17,0	Air	1 h.	9,6	10,0	10,0	0,46
		»	1 h.	10,0	10,4		
		Hydrogène	2 h.	9,6	9,2	4,6	
		»	2 h.	9,2	8,8		
Dix-neuvième 19°	20,0	Air	1 h.	8,4	8,0	8,5	0,44
		»	1 h.	9,2	8,4		
		Hydrogène	2 h.	8,0	8,0	3,8	
		»	2 h.	7,2	7,6		
Vingtième 19°	25,0	Air	1 h.	7,6	7,2	7,6	0,38
		»	1 h.	8,0	7,6		
		Hydrogène	2 h.	6,4	6,0	2,9	
		»	2 h.	5,6	5,6		
Vingt-et-unième 17°	25,5	Air	1 h.	6,4	6,0	6,0	0,40
		»	1 h.	6,0	5,6		
		Hydrogène	2 h.	5,6		2,7	
		»	2 h.	5,2			

Expérience N° 2. — PLANTULES ÉTIOLÉES DE POIS

2 lots de 100 plantules (du 15 au 25 décembre).

Jour de germination et température	Longueur des feuilles (en centimètres)	Atmosphère où se trouvaient les plantules	Durée de l'expérience	Quantité de CO^2 dégagé en milligrammes — 1er lot de 100 plantules	Quantité de CO^2 dégagé en milligrammes — 2e lot de 100 plantules	Quantité moyenne de CO^2 en 1 heure	$\frac{I}{N}$
Premier 18°	0,5	Air	1 h.	7,2	7,2	7,5	1,28
		»	1 h.	7,6	8,0		
		Hydrogène	1 h.	9,6	10,0	9,6	
		»	1 h.	9,2	9,6		
Deuxième 17°	0,5	Air	1 h.	11,6	12,0	11,9	1,00
		»	1 h.	12,4	11.6		
		Hydrogène	1 h.	11,6	11,8	11,8	
		»	1 h.	11,2	12.0		
Troisième 17°	0,5	Air	1 h.	12,0	11,6	12,0	0,92
		»	1 h.	12,4	12.2		
		Hydrogène	1 h.	11,2	11.4	11,1	
		»	1 h.	10,8	11,0		
Quatrième 18°	0,5	Air	1 h.	11.2	11,2	11.5	0,97
		»	1 h	12,0	11.6		
		Hydrogène	1 h.	11,6	11,2	11,2	
		»	1 h.	11,2	10,8		
Cinquième 17°	1,0	Air	1 h.	10,8	11.2	10,8	0,74
		»	1 h.	10.4	10,8		
		Hydrogène	1 h.	8.4	8,0	8,0	
		»	1 h.	8,0	7,6		
Sixième 18°	1,5	Air	1 h.	11,2	10.8	10,8	0,76
		»	1 h.	10,8	10,4		
		Hydrogène	1 h.	8,8	8,2	8,3	
		»	1 h.	8,4	8,0		
Septième 17°	2,0	Air	1 h.	11,2	11,2	10,9	0,77
		»	1 h.	10,8	10,6		
		Hydrogène	1 h.	9,6	8,2	8,4	
		»	1 h.	8,2	7,6		
Huitième 17°	3,5	Air	1 h.	11,6	12,2	11,6	0,82
		»	1 h.	11.2	11,7		
		Hydrogène	1 h.	10,4	9 6	9,6	
		»	1 h.	9,6	8,8		
Neuvième 17° 16°	4,0	Air	1 h.	12,6	12,8	12,5	0,89
		»	1 h.	12,8	13,0		
		Hydrogène	1 h.	11,2	11,6	11,2	
		»	1 h.	10,8	11,2		
Dixième 17° 18°	5,0	Air	1 h.	12,6	13,0	13.0	0,92
		»	1 h.	13,0	13,6		
		Hydrogène	1 h.	12,6	12,0	12,0	
		»	1 h.	12,0	11,6		

Expérience N° 3. — PLANTULES ÉTIOLÉES DE POIS

2 lots de 100 plantules (du 26 décembre au 1er janvier).

(Durée des expériences, 1 heure).

JOUR de GERMINATION et TEMPÉRATURE	LONGUEUR des PLANTULES (en centimètres)	ATMOSPHÈRE ou se trouvaient les PLANTULES	QUANTITÉ DE CO^2 EN MILLIGRAMMES		QUANTITÉ MOYENNE de CO^2 en 1 heure	$\frac{1}{N}$
			1er lot de 100 plantules	2me lot de 100 plantules		
1er	0,3	Air	6,8	5,6	6,5	1,23
18°		»	7,2	6,4		
		Hydrogène	8,0	8,4	8,0	
		»	7,8	8,0		
2me	0,2	Air	6,4	6,4	6,7	1,11
16°		»	7,2	6,8		
		Hydrogène	7,6	7,8	7,5	
		»	7,2	7,6		
3me	0,35	Air	7,2	7,6	7,6	1,02
16°		»	7,6	8,0		
		Hydrogène	8,0	8,2	7,8	
		»	7,6	7,6		
4me	0,5	Air	8,0	8,4	8,4	1,01
16°		»	8,4	8,8		
		Hydrogène	8,8	8,8	8,5	
		»	8,4	8,2		
5me	1,5	Air	12,6	12,4	12,6	0,92
17°		»	13,0	12,6		
		Hydrogène	12,0	11,6	11,6	
		»	11,6	11,2		

Expérience N° 4

Les graines de Pois ayant été trempées pendant 24 heures dans une mince couche d'eau, on a pris 2 lots de 25 graines. En deux heures elles ont dégagé la quantité d'acide carbonique suivante :

PREMIER LOT	DEUXIÈME LOT
8 mg 0	7 mg 6

---

(1) W. Palladine : *Zeitschrift für physiol. Chemie* XLVII, 1906 (pag. 407).

Puis les deux lots ont été refroidis de façon à geler les graines. Ils ont dégagé les quantités d'acide carbonique suivantes :

Durée de l'expérience	Premier lot (air et toluol)	Deuxième lot (hydrogène sans toluol)
3 heures	17 mmg 2	15 mmg 2
4 heures	26 mmg 0	28 mmg 4
4 heures	17 mmg 2	18 mmg 8
	60 mmg 4	62 mmg 4

Expérience N° 5

Les graines de pois, ayant été trempées pendant 24 heures dans une mince couche d'eau, on a pris 2 portions de 25 graines. En deux heures elles ont dégagé la quantité d'acide carbonique suivante :

Premier lot	Deuxième lot
7 mmg	7 mmg 2

Puis les deux portions ont été refroidies jusqu'au gel :

Durée de l'expérience	Premier lot (air et toluol)	Deuxième lot (hydrogène et toluol)
3 heures	13 mmg 2	14 mmg 0
3 heures	13 mmg 6	10 mmg 8
4 heures	14 mmg 4	15 mmg 2
	41 mmg 2	40 mmg 0
13 heures	45 mmg 2	28 mmg 4
7 heures	21 mmg 8	

Expérience N° 6. — PLANTULES ÉTIOLÉES DU GRAND SOLEIL

(*Helianthus annuus*).

Après avoir été à l'air, une première partie des graines (A) a été soumise à l'hydrogène.

Une seconde partie (B), a été d'abord gelée et ensuite soumise à l'hydrogène.

On a pris, pour chaque partie, 100 plantules. Durée de l'expérience, du 17 au 28 février.

B. — Plantules vivantes

JOUR de GERMINATION et TEMPÉRATURE	LONGUEUR des PLANTULES (en centimètres)	ATMOSPHÈRE où se trouvaient les PLANTULES	QUANTITÉ DE CO^2 EN MILLIGRAMMES		QUANTITÉ MOYENNE de CO^2 en 1 heure	$\frac{I}{N}$
			1re portion	2me portion		
1er		Air	1,6	1,8	1,6	0,45
20°		»	1,4	1,6		
		Hydrogène	0,8		0,7	
		»	0,6			
2me	1,0	Air	11,6	12,0	12,0	0,32
20°		»	12,8	11,6		
		Hydrogène	4,8		3,9	
		»	3,0			
3me	2,0	Air	11,7	11,8	12,0	0,56
20°		»	12,4	12,0		
		Hydrogène	7,6		6,8	
		»	6,0			
4me	3,5	Air	13,2	12,8	13,0	0,60
18°		»	12,8	13,0		
		Hydrogène	8,0		7,8	
		»	7,6			
5me	4,5	Air	22,4	21,6	21,7	0,65
20°		»	21,6	21,2		
		Hydrogène	14,4		14,2	
		»	14,0			
7me	6,5	Air	26,4	27,2	25,2	0,85
19°		»	23,2	24,0		
		Hydrogène	22,4		21,6	
		»	20,8			
9me	7,5	Air	18,4	17,6	18,0	0,92
18°		»	17,6			
		Hydrogène	16,0		16,6	
		»	17,2			
11me	9,0	Air	16,0	15,6	15,5	0,40
19°		»	15,2	15,2		
		Hydrogène	6,4		6,2	
		»	6,0			

Les résultats des expériences sur les plantules vivantes sont représentés par les courbes ci-contre.

B. — **Plantules gelées**

Les plantules ont d'abord été soumises à l'hydrogène, puis, après dégagement complet de l'acide carbonique, on a laissé pénétrer un courant d'air. Alors un nouveau dégagement d'acide carbonique se produisit, puis diminua, et graduellement atteignit le zéro.

Jour de germination et la température	Hydrogène		Air		Somme
	Durée de l'expérience en heures	CO^2 en milligr.	Durée de l'expérience en heures	CO^2 en milligr.	
1er	26	23,0	21,5	38,4	73,2
20°	18	14,8			
	3,5	3,0			
		40,8			
3me	5	14,4	24	18,4	72,4
19-20°	22	19,6			
	19	20,0			
		54,0			
5me 20°	26,5	64,0	25,5	20,8	84,8
9me	22,5	35,2	26	12,0	47,2
11me	97,5	10,8	10,5	traces	

Les résultats des expériences décrites sont représentés sur la figure 1.

Les principaux résultats sont les suivants :

1) Durant le gonflement des graines, $\frac{I}{N}$ peut atteindre une quantité considérable (Pois); puis, au début de la germination, la quantité $\frac{I}{N}$ est ordinairement très insignifiante (souvent moins que la moitié de la valeur précédente). Ensuite, à mesure que la plantule se développe, la quantité $\frac{I}{N}$ augmente petit à petit jusqu'à un maximum et baisse de nouveau.

Il résulte qu'on aperçoit deux minimum (au commencement et à la fin de la germination) et un maximum au milieu de la germination.

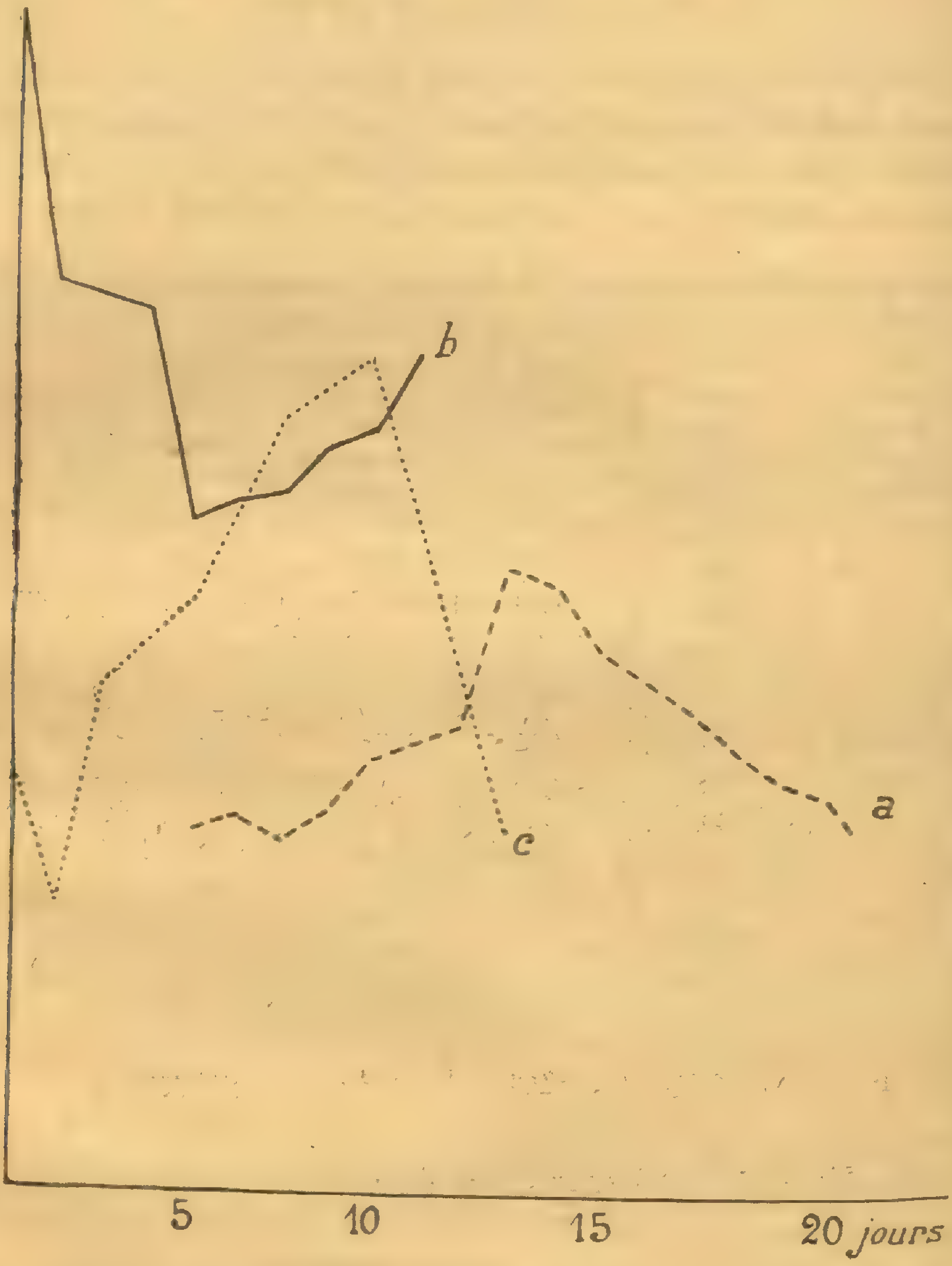


Fig. 1. — Valeurs du rapport $\frac{I}{N}$ aux différents stades de la germination des graines. *a*, Froment ; *b*, Pois ; *c*, Grand Soleil (les ordonnées indiquent le rapport $\frac{I}{N}$ entre les quantités CO^2 dégagées dans l'hydrogène et celles dégagées dans l'air.

2) On constate aux premiers jours de la germination la plus grande valeur du rapport $\frac{I}{N}$ chez le Pois et la plus petite chez le Froment ; chez le Grand Soleil ce rapport est intermédiaire.

3) Pendant le gonflement du Pois, on constate que $\frac{I}{N}$ dépasse de beaucoup (1).

Pour expliquer ce phénomène on a fait geler les graines de Pois. Il en est résulté que les graines gelées dégagent, pendant les premières heures, dans l'air aussi bien que dans l'hydrogène, des quantités sensiblement égales d'acide carbonique. Il en résulte que l'enzyme de la respiration intramoléculaire, la *zymase* (1), produit le gaz carbonique aussi bien dans l'air que dans une atmosphère privée d'oxygène.

Le fait que l'intensité de la production de CO^2 est sensiblement la même dans l'air que dans l'hydrogène prouve que la quantité d'enzyme chez les plantules étiolées, reste aussi la même ; par conséquent l'absence d'oxygène n'est pas une condition nécessaire pour la formation de cette enzyme dans les plantules.

Expérience N° 7.

Les plantules du Grand Soleil ont été gelées à des époques différentes de germination.

D'après la théorie de Chodat et de Bach, l'oxydation fermentative s'explique par la présence d'oxygénase, de peroxydase et de matière oxydable. L'absence d'une de ces trois substances provoque la fin du processus d'oxydation.

En présence de peroxydase, Chodat et Bach remplacent l'oxygénase par le peroxyde d'hydrogène et la matière oxydable par l'acide pyrogallique.

Pour faire cette expérience, j'ai pris des plantules de tournesol de divers âges et je les ai tuées par le refroidissement. Ensuite, les plantules ont été réduites en poudre et j'ai ajouté à cette masse du peroxyde d'hydrogène et de l'acide pyrogallique. En déterminant la quantité de gaz carbonique dégagée, on peut se faire une idée de la quantité de peroxydase qui se trouve dans ces plantules.

Voici les résultats de ces déterminations :

---

(1) Palladine et Kostytschew : Zeitschrift für physiol. Chemie.

JOUR DE GERMINATION	QUANTITÉ MOYENNE CO^2 EN HEURE	
	PREMIER LOT	DEUXIÈME LOT
Premier	HYDROGÈNE	
	40,0	42,0
	AIR	
	34,8	36,0
	$C_6 H_6 O_3 + H_2 O_2$	
	42,2	
Quatrième	HYDROGÈNE	
	40,8	42,8
	AIR	
	31,2	32,8
	$C_6 H_6 O_3 + H_2 O_2$	
	77,6	
Neuvième	HYDROGÈNE	
	33,6	32,0
	AIR	
	22,4	22.0
	$C_6 H_6 O_3 + H_2 O_2$	
	150,4	177,6

En même temps, j'ai déterminé l'intensité de la respiration normale ainsi que celle de la respiration intramoléculaire pour des plantules de divers âges de la même plante ; en outre, j'ai déterminé la quantité de CO^2 dégagé par des plantules tuées placées tantôt dans l'air, tantôt dans une atmosphère d'hydrogène.

Les résultats de cette expérience sont représentés dans la figure 2.

De toutes les expériences ayant pour objet les plantules du Grand Soleil on peut tirer les conclusions suivantes :

1) La quantité de CO^2 dégagée dans une atmosphère d'hydrogène par des jeunes plantes gelées dans les premiers jours de leur germination reste à peu près la même ; elle commence à diminuer à partir du 4e jour. Chez les plantules vivantes qui respiraient dans l'hydrogène le dégagement de CO^2 augmente avec l'âge des plantules, mais diminue rapidement à partir du 7e jour.

2) Comme nous avons remarqué plus haut, le dégagement de CO^2 par des plantules gelées placées dans l'hydrogène, cesse après

quelque temps de séjour dans cette atmosphère (exp. 6 B). Mais si on remplace l'hydrogène par l'air, on constate de nouveau le dégagement de CO^2 qui au bout de quelque temps cesse lui aussi.

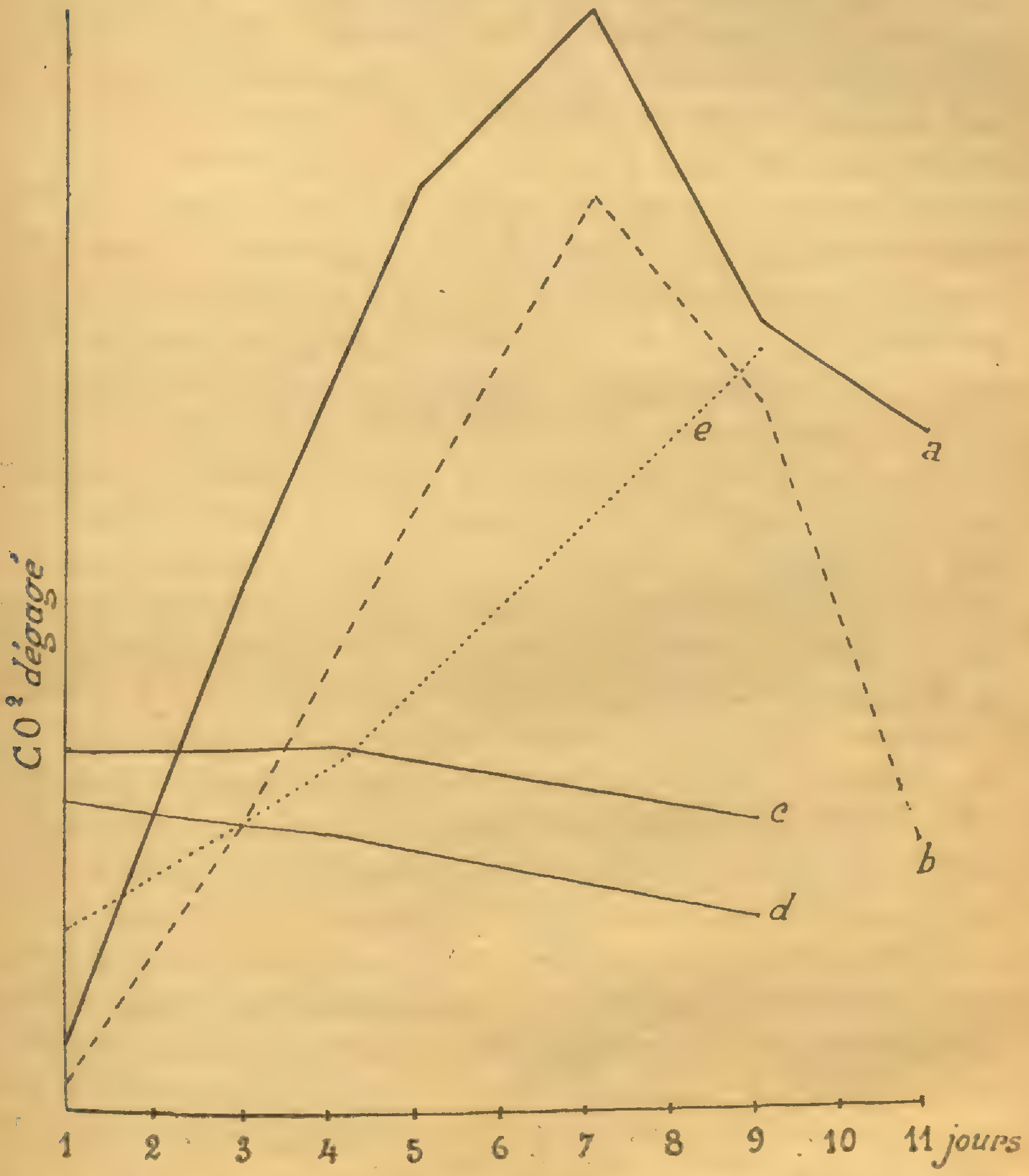


Fig. 2. — Respiration des plantules de Grand Soleil vivantes et gelées; *a*, Respiration normale des plantules vivantes ; *b*, Respiration anaérobie des plantules vivantes ; *c*, Dégagement d'acide carbonique par des plantules gelées et placées dans l'hydrogène ; *d*, Dégagement d'acide carbonique par des plantules gelées, se produisant après avoir remplacé l'hydrogène par l'air ; *e*, Quantité de peroxydase dans les plantules gelées.

Nous pouvons donc constater dans ce cas deux sources d'énergie du gaz carbonique : la fermentation propre, qui se produit sans oxygène, et les phénomènes d'oxydation. Comme on le voit d'après la courbe *d* la quantité de CO^2 provenant de cette dernière source diminue assez lentement avec l'âge des plantules.

3) La quantité de peroxydase augmente beaucoup avec le développement de la germination. Elle continue à augmenter après l'abaissement de l'énergie respiratoire des germes vivants.

4) On sait, d'après les recherches de M. Godlevsky (1) et de MM. Bonnier et Mangin (2) que le quotient respiratoire des graines oléagineuses en germination est très inférieur à l'unité. Ce fait permet de supposer que l'intensité de la respiration intramoléculaire de ces graines est très faible. Mais nous avons constaté que le dégagement de CO^2 en l'absence d'oxygène est très grand par rapport à la quantité de ce gaz qui se dégage dans l'air. Le rapport $\frac{I}{N}$ est, contre toute attente, très grand. Il faut donc conclure que la majeure partie de l'acide carbonique dégagé dans l'air a comme source principale la fermentation propre et qu'il n'y a qu'une très faible partie de ce gaz qui ait comme origine les phénomènes d'oxydation. La plus grande partie de l'oxygène absorbé est donc employée non pas à brûler les huiles mais à les transformer en une substance plus oxygénée.

D'ailleurs Laskowsky (3) a observé que pendant la germination des graines oléagineuses la quantité d'oxygène, dans les plantules non seulement n'a pas diminué, mais au contraire a considérablement augmenté. La germination des graines oléagineuses est donc accompagnée d'une assimilation d'oxygène.

5) La germination des graines oléagineuses montre clairement que l'absorption de l'oxygène et le dégagement de l'acide carbonique peuvent être des phénomènes tout à fait indépendants l'un de l'autre.

(1) Godlewski : *Pringsh. Jahrb.*, VIII, 1882, p. 537.

(2) Bonnier et Mangin : Ann. Sc. Nat. Bot. VI, sér. t. 18, 1884, p. 364.

(3) Laskowsky : *La germination du Cucurbita Pepo.* Moscou, 1874 (en russe).

St-Pétersbourg (Laboratoire de physiologie végétale de l'Université).

ANATOMIE DU *GEUM RIVALE*

A PROLIFÉRATION CENTRALE

par M. René VIGUIER

On sait que le *Geum rivale* présente des anomalies fréquentes dans sa fleur. Les sépales offrent souvent les caractères de feuilles végétatives ordinaires, et fréquemment, dans ce cas, l'axe floral se continue au-dessus de la fleur en se terminant par une seconde fleur.

C'est l'étude d'un de ces échantillons anormaux, communiqué par M. le Professeur Pellat, et récolté à Morgens (Suisse) (fig. 1), qui fera l'objet de cette petite note.

La fleur prolifère est intéressante par la non-différenciation des sépales qui, au lieu d'avoir la forme habituelle, ont conservé, comme je l'ai déjà dit, les caractères des feuilles végétatives. Ces feuilles, réunies en un seul verticille, ont leurs stipules soudées deux à deux, constituant le calicule de la fleur, semblable du reste à celui des fleurs normales. Tout le monde s'accorde à reconnaître la nature stipulaire du calicule des *Geum*, des *Potentilla*, des *Fragaria* et des Rosacées en général;

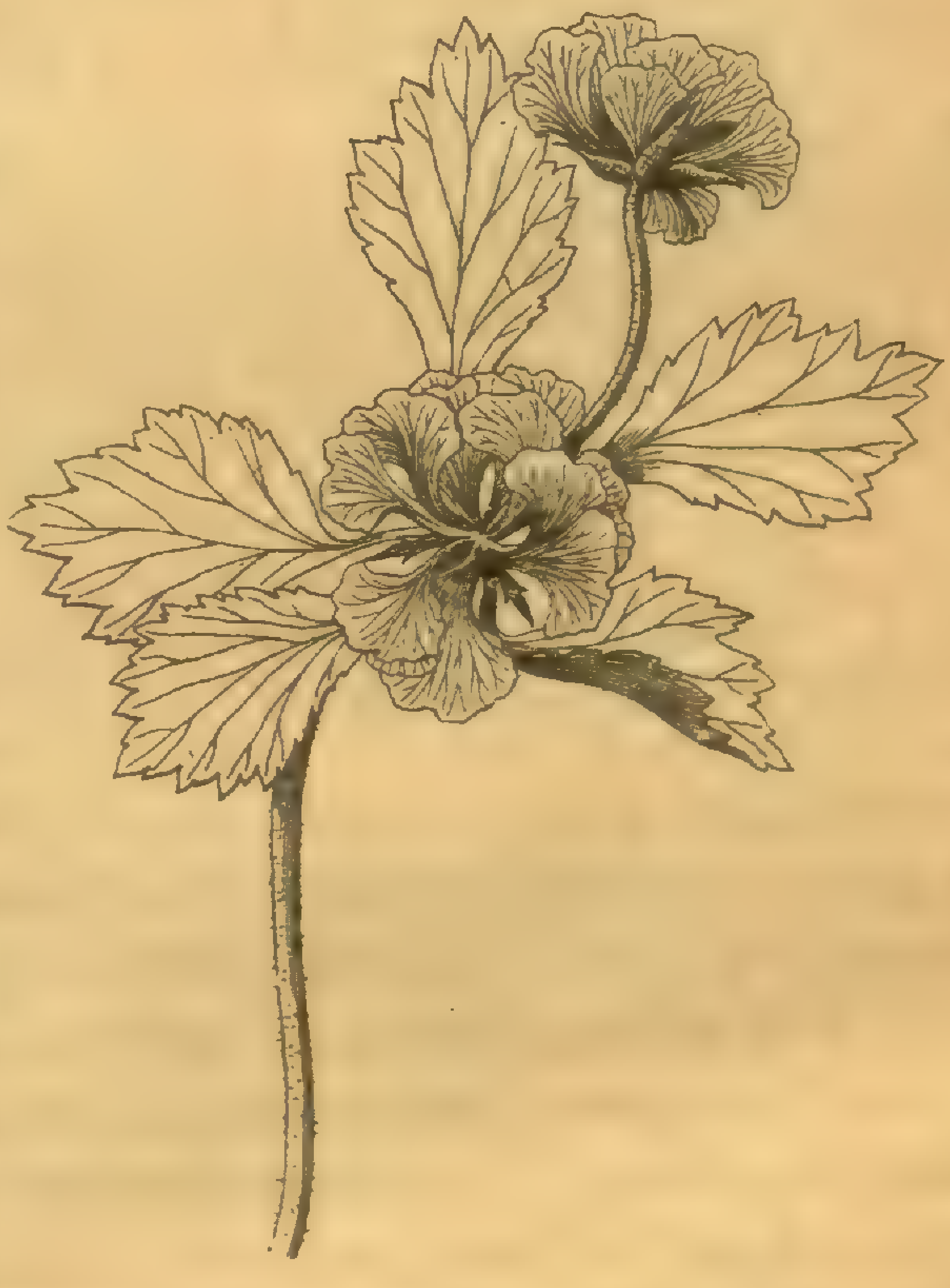


Fig. 1. — Sommité d'un *Geum rivale* à prolifération centrale.

mais l'exemple est particulièrement net avec ces sépales anormaux ; il est très aisé de voir que chaque pièce du calicule reçoit un faisceau libéro-ligneux des deux feuilles sépalaires voisines.

On voit ainsi que toute la partie supérieure des sépales normaux de ces Rosacées étant développée au-dessus des pièces du calicule correspond au pétiole et au limbe, et non à la gaîne dilatée, comme les sépales des Renonculacées. Dans les Potentilles, les stipules sont soudées au pétiole comme dans les Roses, sur une grande partie de leur longueur ; c'est ce qui permet de comprendre que dans les Potentilles les pièces du calicule semblent se détacher du milieu du calice, vers l'extérieur, entre les sépales, au lieu de se séparer dès la base comme dans les *Geum*, etc.

A l'intérieur du calice de cet exemplaire du *Geum rivale*, j'ai compté seize pétales insérés suivant une spirale ; ces pétales ont la forme et la couleur habituelles, ils sont seulement plus grands que ceux des fleurs normalement construites. On n'observe dans cette fleur ni étamines, ni carpelles.

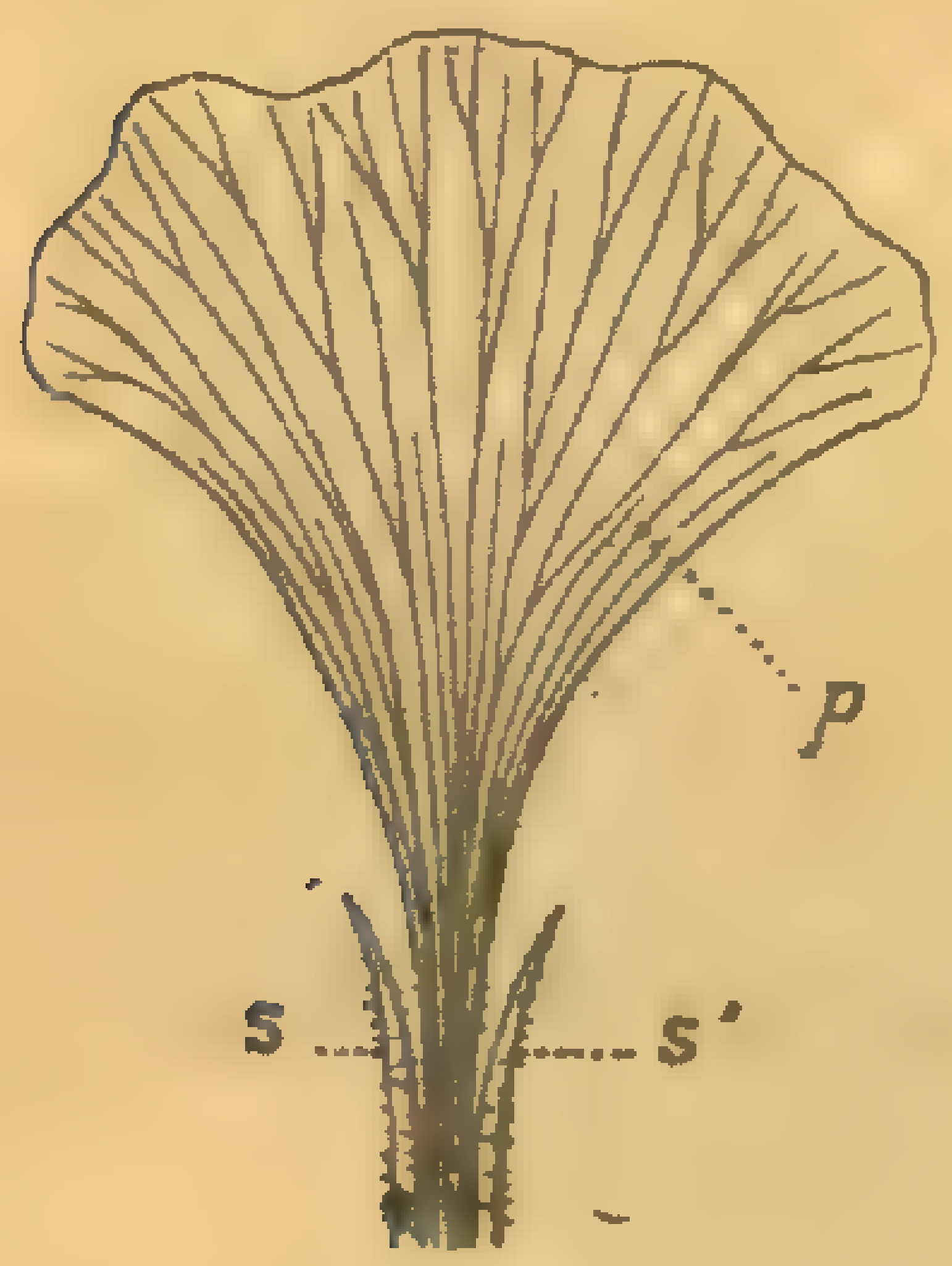


Fig. 2. — Petales *p* de la fleur supérieure, montrant des stipules *s s'*.

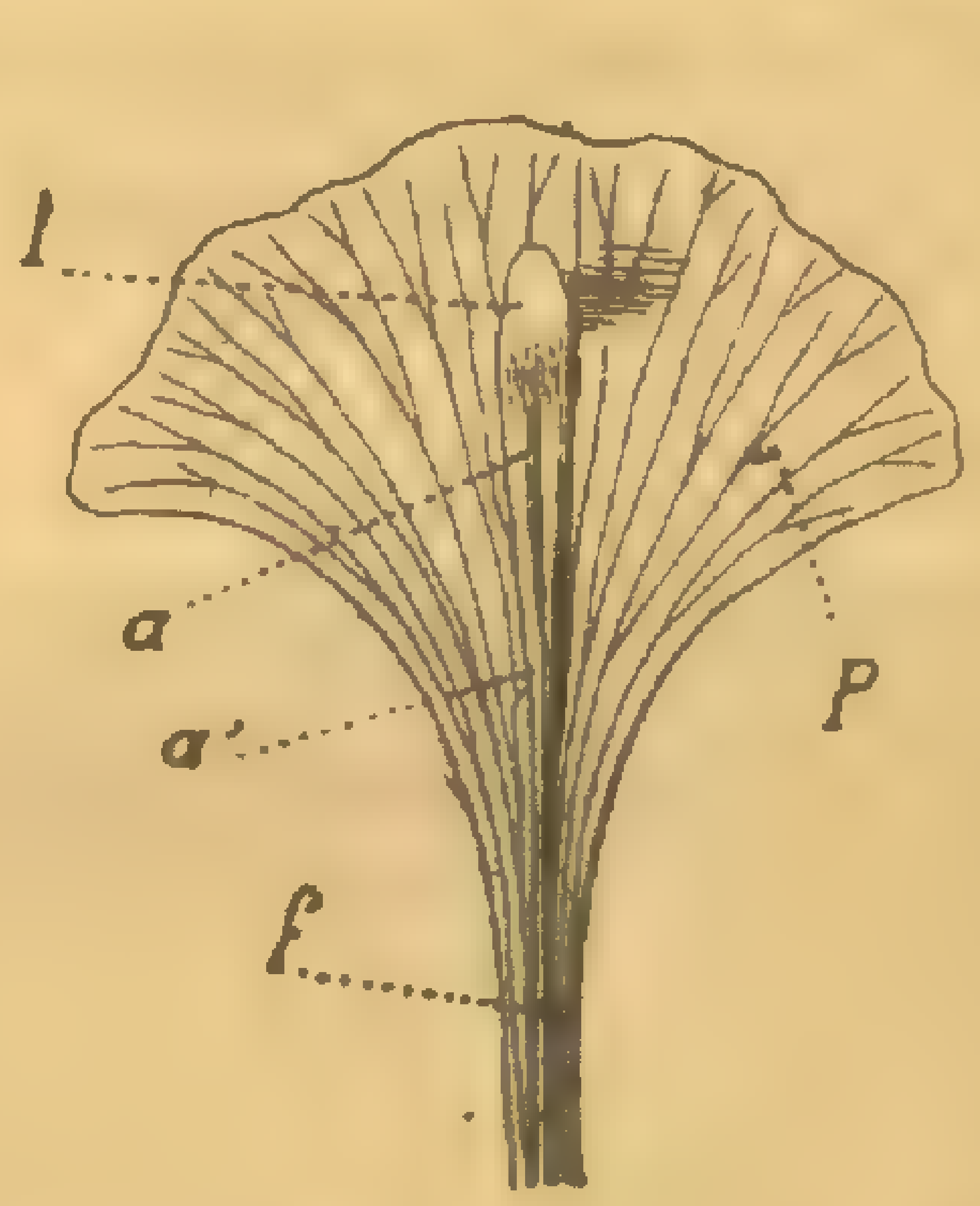


Fig. 3. — Pétale anormal de la fleur supérieure ; *p*, pétale ; *l*, lobe ; *f*, *a a'* crête ventrale.

La tige, après s'être renflée au niveau de la fleur, s'amincit brusquement, et se continue, sans présenter aucune bractée, jusqu'à la fleur terminale.

La fleur terminale, elle aussi, est anormale ; les sépales sont différenciés, minces et pétaloïdes dans leur partie supérieure ; plusieurs pétales ont des stipules très nettes (fig. 2), qui ne sont pas soudées avec celles des pétales voisins, tandis que les plus internes ont sur leur face médiane ventrale une forte crête (*f*, *a*, *a'*, fig. 3) prolongée par un petit lobe *l* de deux millimètres de long environ. Les étamines, peu nombreuses, et les carpelles sont normaux. Ces carpelles sont stériles.

La structure de l'axe immédiatement au-dessous de la fleur prolifère est celle d'une tige normale : l'épiderme est hérissé de poils ; l'écorce est différenciée en une couche externe collenchymateuse et une couche interne parenchymateuse : le cylindre central est limité extérieurement par une épaisse gaîne péricyclique formée de fibres allongées à parois minces. Les faisceaux libéro-ligneux, au nombre de douze, sont distincts, séparés par de larges rayons parenchymateux. La moelle, très développée, est formée par un parenchyme à parois minces.

Au niveau de la fleur, le cylindre central détache une série de faisceaux libéro-ligneux qui passent dans les sépales, puis de nombreux faisceaux pénètrent isolément dans les pétales. Le péricycle, à ce niveau, n'a plus différencié de fibres ; il est constitué par une couche de cellules à peu près aussi larges que longues, à parois minces, lignifiées, munies de nombreuses ponctuations.

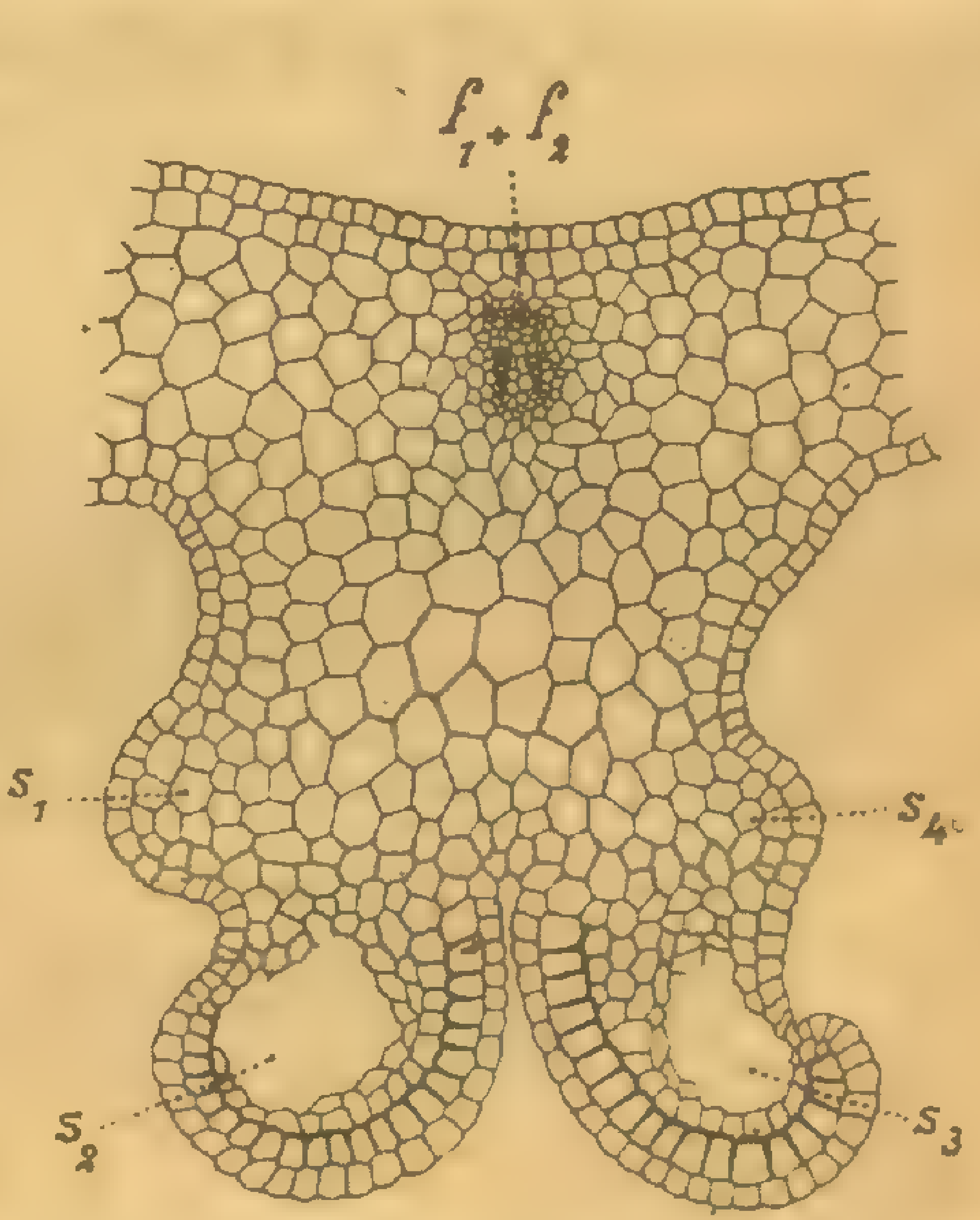


Fig. 4. — Coupe transversale pratiquée en *a* dans le pétale représenté fig. 3 ; $f_1 f_2$ faisceau libéro-ligneux ; s_2, s_4, sacs polliniques indifférenciés ; s_1, s_3, sacs polliniques différenciés.

L'axe prolifère est bien différent, par sa structure, de la tige inférieure ; l'écorce y est beaucoup moins développée ; mais les cellules collenchymateuses ont des parois très épaisses ; le péricycle forme une couche continue de petites cellules non lignifiées ; les faisceaux libéro-ligneux, au nombre de seize, sont beaucoup moins développés, la moelle a des cellules plus épaisses. Du reste, cette structure n'est pas la même que celle d'un pédoncule floral normal, dans lequel la moelle est très réduite, et le péricycle, entouré par un endoderme très net, parenchymateux. Il semble que l'axe prolifère ait conservé à l'état adulte les caractères d'une tige normale jeune.

Quelle est la structure des pétales de la fleur supérieure, possédant le petit lobe ventral surmontant une crête, dont j'ai parlé plus haut ?

En pratiquant une série de coupes transversales dans ce petit lobe (*l*, fig. 3), on constate qu'il a, dans sa partie supérieure, un contour reniforme, et est constitué par une masse de parenchyme non différencié dans lequel se trouvent deux petits faisceaux libéro-ligneux, que j'appellerai f_1 et f_2. Cette lame se recourbe peu à peu à la manière d'un cornet, de sorte que vers sa base elle est soudée au limbe, et circonscrit une petite cavité centrale.

L'examen de la structure du limbe, immédiatement au-dessous de l'insertion du lobe, montre des particularités intéressantes, comme le représente la coupe (fig. 4) pratiquée en *a* (fig. 3) : la crête ventrale est formée par deux bourrelets s_2, s_3 que divise un sillon médian, et deux saillies latérales peu marquées s_1, s_4. Sous l'épiderme à grandes cellules des protubérances antérieures, se trouve une assise de cellules présentant des bandes d'épaississement lignifiées. Cette assise entoure, dans chaque saillie, une cavité centrale formée par la résorption du tissu. Quant aux saillies latérales elles sont entièrement parenchymateuses. Cette partie de l'organe correspond donc, on le voit, à une étamine modifiée : l'anthère ne possède que deux sacs polliniques s_2, s_3 développés, mais stériles ; les sacs latéraux s_1, s_4 sont indifférenciés. Les sacs polliniques médians ne sont caractérisés qu'à la partie supérieure de la crête. On se trouve donc en présence d'une étamine modifiée avec un petit lobe représentant un appendice du connectif.

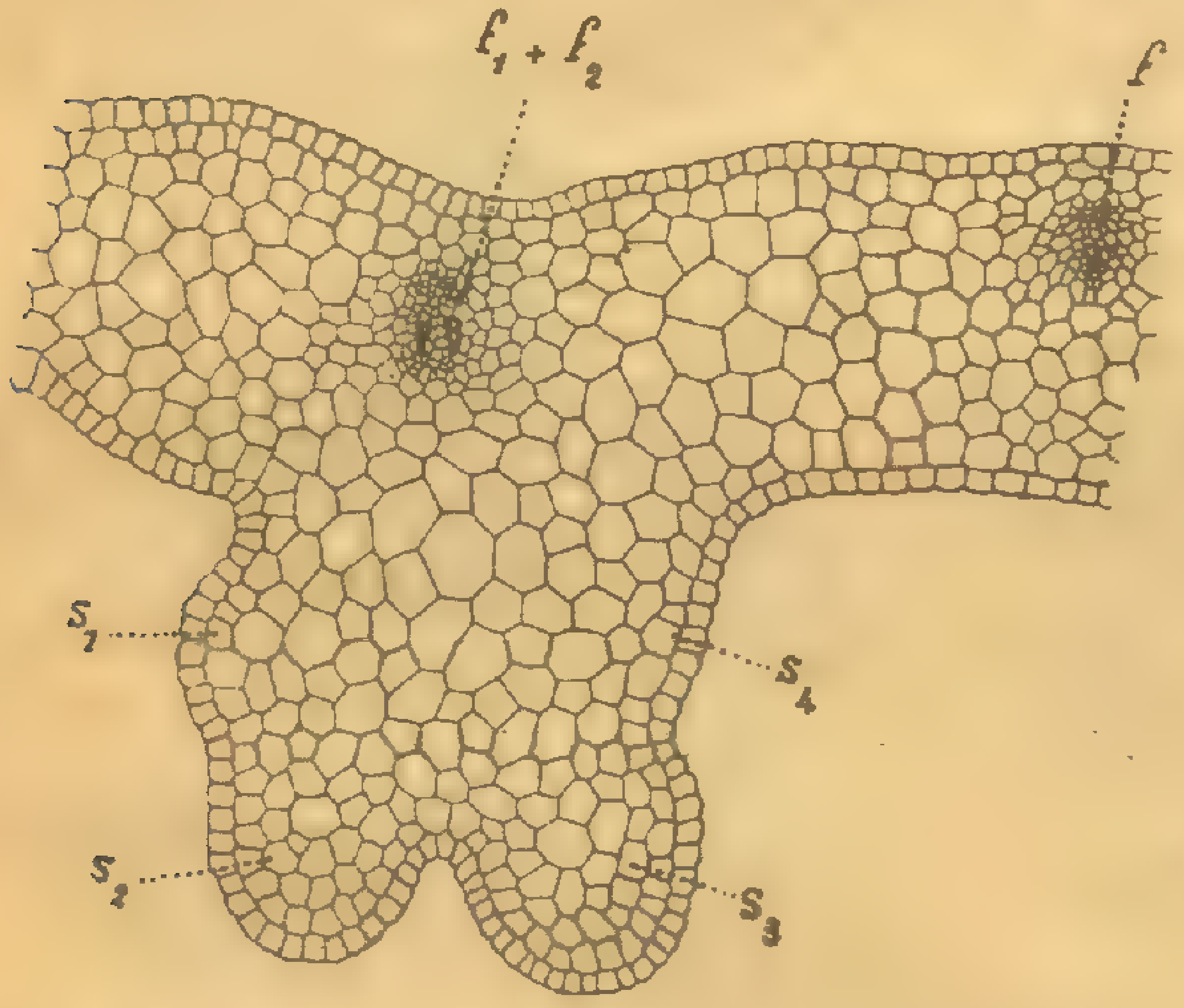


Fig. 5. — Coupe transversale pratiquée en *a'* dans le pétale représenté fig. 3 ; f_1 f_2, faisceau libéro-ligneux ; s_1 s_2 s_3 s_4 sacs polliniques.

Il existe des étamines semblables à la précédente, mais dans lesquelles la crête est indifférenciée dans toute sa longueur ; d'autres ont une crête développée mais dans lesquelles le petit lobe appendiculaire n'existe pas.

On peut déduire de cette courte étude du *Geum rivale* à prolifération centrale les conclusions suivantes :

1° La nature stipulaire du calicule est nettement évidente dans les échantillons anormaux présentant des sépales réduits à des feuilles végétatives normales. Les sépales normaux correspondent au pétiole et au limbe de la feuille.

2° Les pétales des fleurs anormales peuvent eux-mêmes être parfois stipulés, à stipules libres.

3° La structure de la tige, au-dessous de la fleur prolifère, est celle d'une tige normale ; cette structure est étroitement sous la dépendance des cinq grandes feuilles qui constituent les sépales.

4° La structure de l'axe prolifère à l'état adulte est semblable à celle d'une tige jeune.

5° Le nombre des étamines est très restreint dans la fleur supérieure ; plusieurs étamines sont réduites à deux petites crêtes saillantes et indifférenciées sur un limbe pétaloïde, tandis que d'autres, également cohérentes avec le pétale qui leur est opposé, présentent une ébauche de sac pollinique dans chaque crête.

GERMINATIONS TÉRATOLOGIQUES DES GRAINS DE POLLEN

par M. H. COUPIN

Lorsqu'on fait germer des grains de pollen sur une goutte d'eau pure ou additionnée de diverses matières, de sucre par exemple, on observe de nombreux cas anormaux, dont j'ai eu l'occasion de noter quelques-uns au cours de plusieurs milliers de cultures faites en chambres humides Van Tieghem. En voici la liste qui pourra être utile à ceux qui commencent à faire des recherches sur la germination des grains de pollen et qui, souvent, sont déroutés par ces cas tératologiques.

a) *Les grains de pollen éclatent d'une manière diffuse,* en répandant leur protoplasma tout autour du grain (fig. 29, *Cheiranthus Cheiri*). C'est un cas extrêmement commun, qui gêne considérablement l'étude de la germination des grains de pollen : il a d'ailleurs fait l'objet de nombreux travaux.

b) *Les grains de pollen, mis dans le liquide, éclatent en envoyant des fusées de protoplasma dans une seule direction*, fusées qui sont tantôt aussi minces et aussi longues que de vrais tubes polliniques (pour lesquels on est tenté de les prendre au premier abord), tantôt plus ou moins étalées (fig. 17, 34, 36, *Narcissus pseudonarcissus;* 26, *Freesia*). On reconnaît là, la « fovilla », telle que la décrivent les anciens auteurs. Cet éclatement a lieu plus ou moins tard après le contact du liquide : chez *Stellaria media*, elle a lieu instantanément et fait tournoyer les grains de pollen.

c) *Les tubes polliniques restent courts* (deux à trois le diamètre du grain) *et éclatent à l'extrémité*, laissant échapper le protoplasma qu'ils contiennent (fig. 11, *Narcissus Tazetta ;* 41, *Caltha palustris*).

d) *Les tubes polliniques deviennent moyennement longs* (une dizaine à une vingtaine de fois le diamètre du grain) *et éclatent à l'extrémité* : c'est, pour ainsi dire, le sort de la très grande majorité des tubes obtenus en cultures artificielles (fig. 18, *Saxifraga crassifolia*).

e) *Les grains germent en prenant la forme d'une amibe*, dont les prolongements restent courts, tout en faisant craquer l'exine (fig. 7, *Narcissus pseudonarcissus*; 31, *Primula sinensis*).

f) *Les grains germent en laissant sortir une boule protoplasmique*, parfaitement arrondie, revêtue d'intine, mais dont le développement ultérieur ne va pas plus loin (fig. 23, *Polygala vulgaris*; 39, *Narcissus Tazetta*).

g) *Les tubes polliniques, au lieu d'être cylindriques, s'élargissent en massue*, depuis le grain jusqu'à l'extrémité qui est tantôt arrondie, tantôt avec une tendance à bifidité (fig. 1, Jacinthe cultivée; 40 et 43, *Narcissus pseudonarcissus*; 44, *Narcissus Tazetta*).

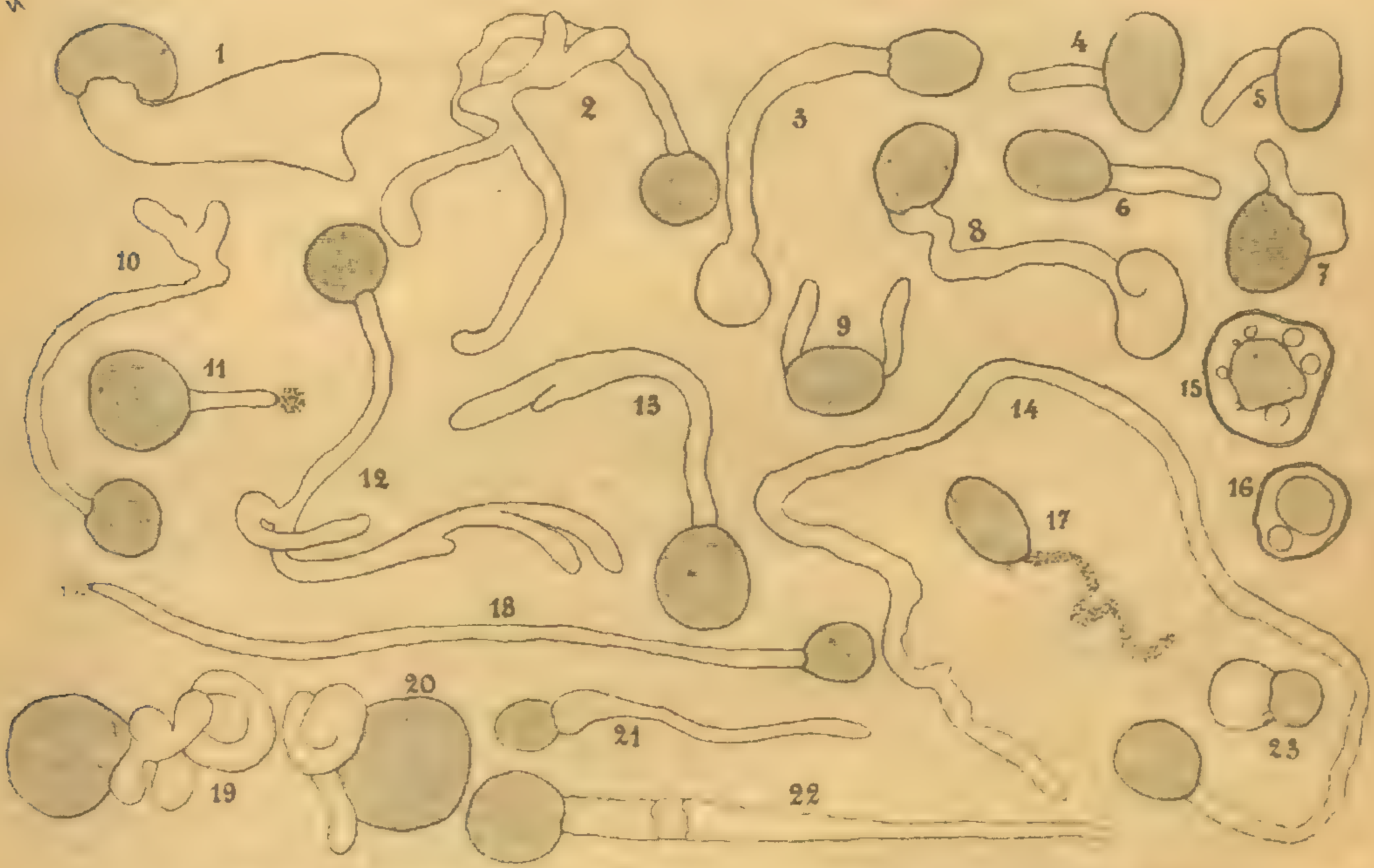


Fig. 1 à 23. — Germinations tératologiques de grains de pollen.

h) *Les tubes polliniques, cylindriques dans une partie de leur trajet, se terminent par une masse boursouflée*, plus ou moins irrégulière (fig. 8, *Narcissus pseudonarcissus*; 14, *Narcissus Tazetta*; 38, *Corylus avellana*).

i) *Les tubes polliniques, cylindriques dans une partie de leur trajet, se terminent par une masse rigoureusement arrondie* (fig. 3, 32 *Narcissus Tazetta*). Ce cas est si fréquent chez certaines espèces (par exemple *Narcissus pseudonarcissus*) qu'il y a lieu de se demander s'il ne doit pas être considéré comme la forme normale, alors que le tube simplement cylindrique d'un bout à l'autre serait la forme anormale. Cette boule est souvent de même grosseur que le grain lui-même (1).

j) *Les tubes polliniques sont renflés à la base*, mais deviennent ensuite cylindriques (fig. 21 *Primula sinensis*).

k) *Les tubes polliniques sont variqueux au moniliforme* (fig. 24, *Cestrum elegans*).

l) *Les tubes polliniques, au lieu de germer d'une façon rectiligne, se contournent sur eux-mêmes en spirales*, tantôt lâches, tantôt très serrées régulières ou irrégulières (fig. 19 et 20, *Mercurialis perennis*; 28 et 30, *Narcissus Tazetta*). Ils peuvent alors se terminer en doigt de gant ou en boule (fig. 37, *Cestrum elegans*).

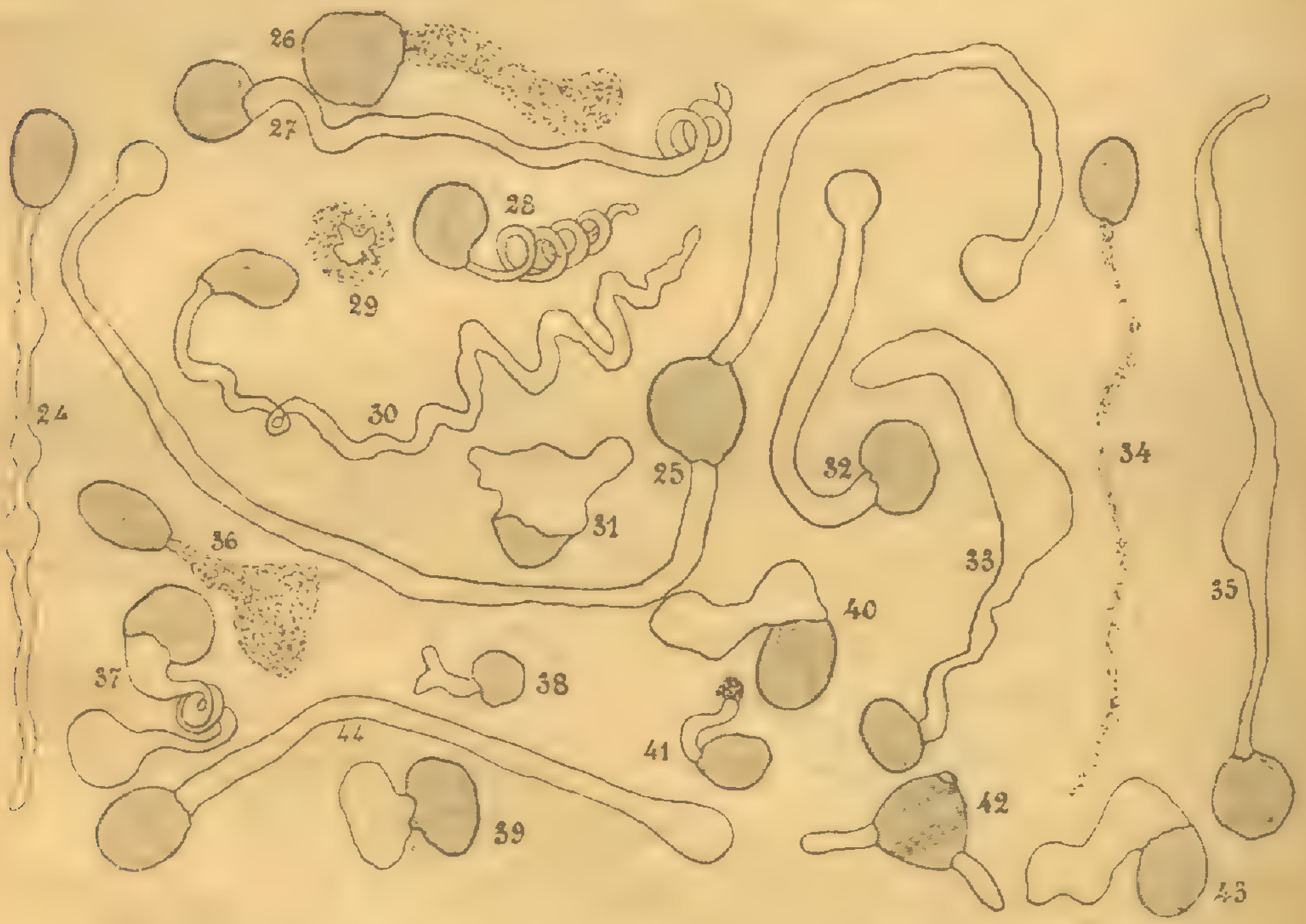


Fig. 24 à 43. — Germinations tératologiques de grains de pollen.

m) *Les tubes polliniques sortent au nombre de deux des grains de pollen*, et, alors, restent généralement courts (fig. 9, *Narcissus*

---

(1) Ce renflement en boule s'observe aussi chez les germinations de spores de champignon : on lui reconnait alors généralement une origine asphyxique.

Tazetta; 42, *Cestrum elegans*). Ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils prennent un grand développement (fig. 25, *Narcissus pseudonarcissus*).

n) *Les tubes polliniques restent courts et présentent, à l'extrémité, une légère bifurcation* (fig. 38, *Corylus avellana*).

o) *Les tubes polliniques se ramifient par deux, trois, quatre ou cinq branches*, elles-mêmes simples ou divisées (fig. 2, 10, 12 et 13, *Ranunculus bulbosus*).

p) *Les tubes polliniques présentent sur leur trajet des bouchons cellulosiques*, n'existant pas dans les tubes normaux (fig. 22, *Viola canina*).

q) *Les tubes polliniques germent dans l'étamine elle-même.* J'ai constaté le fait chez *Viola odorata*, *Viola canina* et *Arum maculatum*.

r) *Les tubes polliniques sortent du grain en un point inhabituel.* Aussi, chez *Narcissus pseudonarcissus*, il est fréquent de voir les tubes sortir sur le côté du grain ovoïde, alors que dans la majorité des cas, il sort par l'une des extrémités (fig. 4, 5, 6).

s) *L'exine se gonfle seule* et s'éloigne de l'intine enveloppant le protoplasma (fig. 15 et 16, *Freesia*). Entre les deux apparaissent souvent des boules d'huile exosmosée.

t) *Les grains de pollen, mis dans l'eau, ne se gonflent pas*, alors que des grains voisins se gonflent. Le cas est particulièrement fréquent chez les Dicotylédones ; il est rare chez les Monocotylédones. Il rappelle ce qui se passe dans les graines, dites « dures », du Févier, du Lupin, etc., qui ne se gonflent pas, même par une longue immersion dans l'eau.

La cause de la plupart des cas tératologiques que je viens de citer m'est, pour la plupart, inconnue ; je compte l'élucider ultérieurement.

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE

PARUS DE 1897 A 1902 (*Suite*).

Möbius (1) étudie l'anatomie de la feuille dans les espèces du genre *Ficus*. L'épiderme est formé d'une assise (*F. indica*) ou de plusieurs (3 ou 4 chez *F. elastica*). Les poils en massue ont une tête allongée uni- ou pluricellulaire ; il existe en outre des poils piquants. Les cystolithes se trouvent dans des trichomes saillants (*F. carica*), dans des cellules épidermiques non modifiées (*F. religiosa* et *F. carica*), dans des cellules épidermiques fortement agrandies (*F. elastica*). Dans cette dernière espèce, ils se montrent plus gros et plus nombreux sur la face supérieure, mais ailleurs ils sont localisés sur l'une ou l'autre face. Le classement des espèces d'après les cystolithes, proposé par Kohl, n'est pas naturel.

La présence du tissu de transfusion dans la feuille des Conifères est en relation, d'après **Worsdell** (2), avec la réduction du réseau fasciculaire. Dans les cotylédons du Ginkgo, le bois centripète est richement développé, on retrouve là le faisceau diploxylé des Cycadées. Le bois centripète est au contraire faiblement représenté dans les cotylédons et les feuilles des Conifères ; le bois centrifuge est d'autant plus abondant. Le tissu de transfusion est relié aux trachéides du bois centripète par des formes de transition et dérive de ce dernier. L'auteur considère donc les cellules aréolées extraligneuses des feuilles des Conifères comme homologues du bois centripète des Cycadées.

Les Cupressinées comme les Abiétinées, présentent des feuilles primordiales différant par leur forme et leur structure des feuilles définitives (**Daguillon**) (3). Tandis que ces dernières sont concrescentes avec l'axe, les premières sont entièrement libres. Les stomates, localisés sur la face supérieure des cotylédons, affectent dans les feuilles primordiales la disposition caractéristique des organes définitifs (sur la face supérieure seule chez *Juniperus communis*, sur les deux faces chez *Cupressus, Chamaecyparis, Lawsonia, Biota orientalis*). On peut voir les stomates se répartir inégalement sur les deux faces chez *Thuja occiden-*

---

(1) Möbius : *Beitr. zur Anatomie der Ficusblatter* (Ber. Senckenb. Ges., 1897).

(2) Worsdell : *On transfusions-tissue : its origin and function in the leaves of Gymnosperms plants* (Trans. Linn. Soc. London, 1897).

(3) Daguillon : *Obs. morphologiques sur les feuilles des Cupressinées* (Rev. gén. de Bot., t. 11, 1899).

talis et *T. Lobbi* dans les toutes premières feuilles, puis émigrer complètement à la face inférieure aux suivantes. De feuille à feuille, on assiste au développement progressif de l'hypoderme et du tissu de transfusion ; il existe un canal sécréteur dans les feuilles primordiales. Le passage d'une forme à l'autre est caractérisée par une modification phyllotaxique.

Les ligules proviennent, d'après TYLER (1) des parties latérales des feuilles primitives. Elles reçoivent leurs nervures soit des faisceaux marginaux de la gaîne, soit des faisceaux destinés à la feuille. La gaîne peut dégénérer et la ligule devenir axillaire (Potamogeton). L'ochréa se rattache à la ligule ; habituellement elle existe en même temps que la gaîne. Sa portion axillaire provient de la région ligulaire et reçoit des faisceaux provenant d'un dédoublement tangentiel des faisceaux foliaires. Les régions latérales de la feuille s'isolent plus ou moins pour former les stipules au sens habituel du mot. Mais celles-ci se développent de façons diverses. Presque toujours, leurs nervures sont des rameaux latéraux de la trace foliaire. En résumé, les parties latérales de la feuille représentent potentiellement la ligule, l'ochréa, les stipules, les bords du pétiole engaînant, les ailes du pétiole et les divisions de la feuille.

GLUCK (2) distingue chez les Monocotylédones trois types de stipules :

1° Stipules latérales, forme habituelle chez les Dicotylédones, se trouvent chez *Hydrocharis*, *Potamogeton densus*, *Najas*, *Ruppia*, etc. ; rudimentaires et plus ou moins engaînantes chez les Smilacées, *Najas flexilis* et *N. punctatus*, nombreuses Aroïdées à appendices à la base du pétiole ;

2° Stipules adnées, impaires, très répandues (toutes les Monocotylédones où la gaîne se termine par l'organe nommé ligule, etc.). La ligule est le résultat de l'union des parties supérieures des deux stipules latérales et comprend en outre la partie supérieure d'une stipule axillaire. Les germinations des *Potamogeton* sont particulièrement instructives à cet égard : chez *P. fluitans* par exemple, aux deux stipules latérales des premières feuilles s'adjoint un organe impair et l'on arrive à la stipule adnée par divers termes de passage. La stipule adnée peut être ouverte ou fermée. Elle est ouverte (à bords libres) avec grande ligule chez des Hydrocharidées, Aracées, Potamées (*P. pectinatus*), avec petite ligule chez la plupart des Zingibéracées, Graminées et Potamées marines, sans ligule chez *Panicum Crus-Galli*, etc. Elle est fermée (à bords soudés) avec grande ligule (*Pontederia*, *Zannichellia Pressii*), avec grande ligule en gouttière (*Potamogeton filiformis*), avec petite ligule (*Calamus*, *Allium Ampeloprasum*, *Briza*, *Melica*, les Palmiers en éventail), sans ligule (beaucoup d'Amarylidées, d'Orchidées, quelques *Allium*). Souvent les feuilles du périanthe ou les étamines de ces plantes sont stipulées (couronne des Amaryllidées).

---

(1) Tyler : *The natur and origin of stipules* (Ann. Ac. Sc. New-York, 1897).

(2) Glück : *Die Stipulargebilde der Monocotyledonen* (Verh. Naturw. Medic. Ver. Heidelberg, 1901).

3° Stipule axillaire, impaire, ouverte chez *Potamogeton*, où elle a tous les caractères des vraies stipules (c'est une partie basilaire de la feuille, homologue des deux stipules latérales), fermée chez *Zannichellia palustris*. Les stipules servent à protéger les organes jeunes ou adultes, à assimiler, à accumuler des réserves. Le type ancien est le type pair, la stipule axillaire en dérive.

Fouilloy (1) étudie la chute des feuilles chez quelques Monocotylédones (Orchidées, *Octomeria, Dracoena, Monstera deliciosa*). Le décollement s'opère dans une région différenciée de très bonne heure et constituée de petites cellules allongées, très distinctes des voisines.

Le phénomène de la chute des feuilles comporte, d'après Tison (2), deux sortes de faits : le détachement de l'organe déterminé par la production d'une couche séparatrice et la cicatrisation de la plaie à l'aide de tissus nouveaux.

Rien n'indique la position de la couche séparatrice à l'avance, si ce n'est l'absence de tissus lignifiés autres que les vaisseaux et souvent aussi l'étranglement du système ligneux dans la base du pétiole ; parfois cependant il y a là une articulation marquée par un rétrécissement annulaire au niveau duquel les cellules parenchymateuses sont très petites (*Hippophae, Cratægus, Syringa*). La couche séparatrice peut être formée par recloisonnements de cellules parallèles ou irréguliers ; mais souvent, contrairement à l'opinion admise, ce sont des cellules du pétiole non recloisonnées. Le protoplasme y devient plus dense, l'amidon abondant, la turgescence considérable. La portion moyenne des cloisons cellulaires se transforme en un mucilage pecto-cellulosique qui se gonfle, puis se dissout, dissociant cette région et détachant la feuille ; les vaisseaux et les tubes criblés, seuls éléments indemnes, se rompent et la feuille tombe. Dans quelques cas, il n'existe qu'une seule assise séparatrice, dont les cellules s'allongent et dont les parois longitudinales étirées se brisent (*Aristolochia Sipho*).

La cicatrisation s'opère sous l'action excitante de la couche séparatrice, et des deux côtés ; mais elle est surtout active du côté de la tige. L'importance des tissus cicatriciels est en rapport avec la largeur de la cicatrice. La nature de ces tissus varie. On peut trouver concurremment ou séparément les régions suivantes : 1° région de méristématisation primaire avec recloisonnements et suractivité protoplasmique, moyen de défense le plus précoce ; 2° couche ligno-subéreuse, avec lignification générale des membranes, sans aucun épaississement préalable, puis dépôt en stratification discordante d'une pellicule subéreuse tapissant même les ponctuations (procédé de défense individuelle de la cellule), enfin mort de la cellule; 3° périderme constitué presque toujours uniquement de liège; c'est là le tissu le plus profond; il ne manque jamais et termine la cicatrisation.

---

(1) Fouilloy : *Sur la chute des feuilles de certaines Monocotylédones* (Rev. gén. de Bot., t. 11, 1899).

(2) Tison : *Rech. sur la chute des feuilles chez les Dicotylédones.* (Mém. Soc. Linn. Normandie, t. 20, 1900. — Notes prélim. (C. R. Ac. Sc. t. 128 et 129, 1899).

Dans les vaisseaux ligneux et les canaux sécréteurs, il y a prolifération de thylles et dépôt de lignine gommeuse, isolément ou successivement. Les tubes criblés, les éléments morts sont lignifiés, sans doute par les cellules voisines. Dans les laticifères rameux apparaissent des bouchons de latex concrété, puis des cloisons en doigt de gant. A noter que le périderme cicatriciel s'établit même dans les thylles et dans les laticifères articulés. La lignine gommeuse est un exsudat des cellules voisines des éléments morts. Dans certaines espèces, les premiers tissus cicatriciels sont enlevés, la seconde année, par une nouvelle couche séparatrice et une cicatrisation définitive. La marcescence des feuilles est due au défaut de différenciation de la couche séparatrice, la défoliation se produit au printemps par un rafraîchissement de cicatrisation comme dans le cas précédent. La chute des folioles et celle des pétioles secondaires se font par les mêmes procédés, mais la cicatrisation est nulle ou peu indiquée. Remarquons que beaucoup de Monocotylédones produisent un épais sclérenchyme sur toute la largeur de la cicatrice, d'après Brettfeld. Rien de semblable n'existe chez les Dicotylédones étudiées (seul *Maclura* se sclérifie légèrement, mais seulement dans les régions externes et latérales du coussinet).

Fleur. — GRÉLOT (1) décrit la course des faisceaux chez les Gamopétales. L'organisation dorsiventrale, déjà peu évidente dans le calice, se perd dans les verticilles internes. Les faisceaux suivent les modifications de la forme et de la structure des organes et s'adaptent à la fonction qu'ils ont à remplir au niveau où on les considère. C'est ainsi que dans le réceptacle et le placenta, où ils sont plongés dans un parenchyme homogène, le liber entoure complètement le bois. Dans les fines nervures des feuilles végétatives, le liber disparaît. Dans les feuilles florales les plus transformées, c'est au contraire le bois qui s'atténue plus ou moins : retard considérable dans l'apparition des premiers vaisseaux, souvent absence de différenciation des vaisseaux, soit à la base des faisceaux placentaires ou carpellaires, soit sur tout le pourtour des faisceaux ovulaires ou nectariens, régression parfois totale des bandelettes d'épaississement de vaisseaux déjà différenciés dans les étamines, liée à l'absence de chlorovaporisation; le liber est, par contre, toujours abondant dans les pièces florales. Certains faisceaux médians des carpelles se terminent librement dans le réceptacle par une touffe de grosses trachées disposées sans ordre; à ce niveau le liber manque. Les formations secondaires, fréquentes dans les sépales et les carpelles, sont habituellement nulles dans les pétales et les étamines. Chaque faisceau naît indépendant et la différenciation procambiale s'effectue de haut en bas; le liber se différencie toujours avant le bois. Le système libéro-ligneux de la tige primaire est formé par la coalescence des systèmes foliaires. La concrescence des pièces florales exerce une influence considérable sur la course des faisceaux ; elle détermine dans un même cycle de feuilles des anastomoses entre faisceaux, la formation de nervures marginales géminées ou communes, l'absence de fixité dans les relations des faisceaux entre eux et dans leur ordre d'importance ; dans les adhésions entre cycles, les insertions vraies sont reportées plus bas que les apparentes, les faisceaux deviennent plus ou moins coalescents et anastomosés. La zygomorphie de la fleur entraîne l'augmentation ou la diminution du nombre des nervures secondaires, l'apparition de nouvelles nervures, le déplacement de leur point d'insertion. Les faisceaux correspondant aux organes totalement avortés manquent. Il résulte de cet ensemble de données que le système libéroligneux floral est sans importance en taxinomie.

---

(1) Grélot : *Rech. sur le système libéro-ligneux floral des Gamopétales bicarpellées* (Ann. Sc. nat. Bot., S. 8, t. 5, 1897.)

Vidal (1) déclare que, dans la fleur des Gamopétales, l'axe contribue presque constamment à la formation du pistil. Les exceptions (syncarpie incomplète des Asclépiadées et Apocynées, axe rudimentaire des Plombaginacées, Gentianacées, Labiées, Borragacées), se relient insensiblement aux cas normaux. L'axe se prolonge au centre de la fleur et prend part à la formation des cloisons ou du placenta. Il s'agit bien là d'un axe intraovarien (initiales profondes au moins à un moment donné, système vasculaire de tige s'élevant jusqu'à une certaine hauteur et constituant un axe transitoire, allongement du sommet en un appendice intrastylaire chez les Primulacées, prolifération centrale de quelques fleurs) ; cet axe est parfois dépourvu de faisceaux. L'axe se creuse au contraire en coupe réceptaculaire dans d'autres cas : tous les ovaires infères seraient des productions mixtes à la fois axiles et appendiculaires, la ligne de séparation des faisceaux carpellaires marquant, d'après l'auteur, la délimitation des deux. Le sommet de l'axe peut servir de conducteur aux tubes polliniques ; c'est le rôle vraisemblable de l'appendice intrastylaire des Primulacées et Lentibulariacées. Chez les Labiées, Borraginées et Convolvulacées, c'est la base du style qui descend au fond de l'ovaire pour venir s'appliquer sur le sommet de l'axe. L'axe contient des réserves abondantes chez les Primulacées, Plantaginées, Solanacées, etc. Son rôle est peu important dans la formation du fruit. L'axe demeure mou ou desséché, il forme assez souvent les pulpes (Solanacées, Vacciniées). Les fruits drupacés et capsulaires se séparent facilement en noyaux ou en coques, grâce au défaut de différenciation de la partie centrale, dans laquelle les faisceaux placentaires sclérifiés peuvent former un squelette rigide

---

(1). Vidal. *Rech. sur le sommet de l'axe dans la fleur des Gamopétales* (Thèse Paris, 1900).

(Oléacées, Acanthe, etc.). La classification ne peut guère tirer de caractères précis du sommet de l'axe dans la fleur. Cependant plusieurs rapprochements sont confirmés : *Empetrum* et Ericacées, *Adoxa* et Caprifoliacées, Convolvulacées et Labiées. Chez les Phanérogames supérieures, Dipsacées et Composées, le carpelle est réduit à ne former que le style, il est supplanté par l'axe.

Beille (1) suit le développement de la fleur chez les Disciflores (qu'il limite aux Euphorbiales, Rutales, Rhamnales et Sapindales), par transparence à l'aide du chloral et par la méthode des coupes en séries. Partout il existe un dermatogène, un périblème et un plérome. C'est le périblème qui forme les pièces florales ; les faisceaux libéro-ligneux se différencient dans le plérome pour la partie comprise dans le cylindre central de l'axe support, dans le périblème pour la partie corticale et la partie appendiculaire. L'étranglement, appelé articulation, dans le pétiole de beaucoup de Disciflores (Ricin, Euphorbe, etc.), est dû à l'existence d'une région méristématique qui détermine plus tard l'allongement du pédicelle ; grâce à cette élongation, les fleurs disposent d'un espace plus large pour s'épanouir et les fleurs mâles des Euphorbes ont la possibilité de disséminer le pollen. Les bractées du cyathium des Euphorbes sont bien des bractées et non des sépales : la fleur femelle centrale évolue d'abord, les inflorescences mâles se produisent plus tard et dans le même ordre que les bractées, mode de développement qu'on n'observe jamais dans une fleur hermaphrodite. Cette description confirme et complète celle de Warming. Dans les fleurs périanthées, les sépales se forment successivement, les pétales simultanément. Les appendices des pétales (*Zygophyllum*, *Kœlreuteria*, *Esculus*, etc.), les glandes en appendices des étamines (Euphorbes) sont des productions tardives. Chez les Méliacées et Coriariées dont l'androcée a deux verticilles, les étamines épisépales apparaissent avant les épipétales ; il y a souvent des avortements. Chez les Rutales, l'ordre d'apparition est inverse, il y a donc obdiplostémonie.

Le diagramme des Crucifères se laisse difficilement ramener au type deux, à cause de l'alternance des quatre pétales avec les quatre sépales. Cette question est traitée par Lignier (2), par Martel (3), par Chodat et Lendner (4). D'après Lignier, le système libéro-ligneux de la feuille florale se compose de trois faisceaux chez les Fumariacées. Il en est de même chez les Crucifères, où les pétales sont des dépendances latérales des sépales internes, les grandes étamines des dépendances des petites étamines ; les carpelles sont au nombre de deux, mais leur nervure médiane est dans le plan médian de la fleur et correspond au cadre ovulifère. Chodat et Lendner admettent l'existence de quatre carpelles. Martel considère les pétales comme appartenant au verticille des petites étamines.

---

(1) Beille : *Rech. sur le développement floral des Disciflores* (Thèse Paris. 1902).

(2) Lignier : C. R. Ac. Sc., 1896 et Afas, 1897. Bull. Soc. Linn. Normandie. Caen, 1901.

(3) Martel : Journal de Bot., 1898.

(4) Chodat et Lendner : Bull. Herb. Boissier, 1900.

Schniewind-Thies (1) distingue sept sortes de nectaires dans les cloisons ovariennes des Liliiflores et des Scitaminées.

L'ovaire présente peu de variations dans la structure de l'appareil conducteur du tube pollinique; aussi, Guéguen (2) examine-t-il ce tissu conducteur seulement dans le style et le stigmate. Des poils épidermiques des Graminées et Cypéracées, on s'élève aux modifications de l'épiderme interne des feuilles carpellaires (type liliacé, commun à la plupart de Monocotylédones) et au tissu dissocié occupant le canal stylaire et les cordons placentaires des Orchidées. Dans quelques Apétales apparaît un tissu conducteur plein (Urticacées, Polygonacées, Nyctaginées); ce tissu plein est constant chez les Gamopétales. La forme des stigmates et des papilles stigmatiques dépend surtout des agents vecteurs du pollen; il y a, à ce point de vue, une constance remarquable dans les familles où la fécondation croisée est la règle (Labiées, Campanulacées). La richesse de la nervation du style est en relation avec l'importance du rôle actif du stigmate dans l'acte fécondateur; atténuée au sommet du style dans les termes inférieurs (Graminées, Cypéracées, Palmiers), elle atteint son maximum de développement au niveau du stigmate dans les termes supérieurs; la série des Gamopétales fournit une preuve de cette assertion.

Anatomie générale. — Il ne saurait être question de résumer ici tous les travaux d'anatomie générale, leur énumération seule remplirait plusieurs pages. Nous nous contenterons d'exposer quelques-uns d'entre eux et de citer quelques autres.

Indépendamment des mémoires résumés antérieurement on trouve d'intéressants renseignements sur les plantes de la Mangrove dans le travail de Boergesen (3) (paru dans la *Revue générale de Botanique*) sur la végétation des Antilles danoises. Areschoug (4) expose longuement la structure des feuilles de ces plantes. Il y a des feuilles isolatérales et des feuilles dorsiventrales; des hydathodes de forme variée servent à l'expulsion du sel; souvent des tissus renfermant de l'eau s'isolent des cellules voisines par une couche de liège et meurent laissant à leur place un trou; la feuille de *Rhizophora*, de *Kandelia* est fréquemment perforée de cette façon; c'est là un processus pathologique, considéré comme un moyen d'éliminer le sel marin; l'auteur signale aussi divers moyens de protection contre la transpiration.

---

(1) Schniewind-Thies : *Beit. zur Kentniss der Septalnectarien* (Iéna, G.Fischer, 1897).

(2) Guéguen : *Anatomie comparée du tissu conducteur du style et du stigmate des Phanérogames.* (I. Monocotylédones, Apétales, Gamopétales). Thèse Paris, 1901.

(3) Boergesen et Ove Paulsen : *La végétation des Antilles danoises.* (Rev. gén. de Bot., t. 12, 1900). — Édition danoise (Bot. Tidschrift, v. 32, Kjöbenhavn, 1898).

(4) Areschoug : *Unters. über Blattbau der Mangrovepflanzen.* (Bibl. Bot., t. 56, 1902).

Brenner (1) dit que les feuilles grasses des Crassulacées se font remarquer par de grands espaces aérifères, tapissés d'une sécrétion cuticulaire nettement visible. Dans *Mesembrianthemum curvifolium*, les feuilles sont décurrentes sur la tige, dont l'écorce ne commencerait qu'à la couche collenchymateuse profonde.

Jöhnson (2) étudie les arbres et buissons désertiques du Turkestan (*Haloxylon*, *Eurotia*; *Calligonum*; *Nitraria*; *Alhagi*, *Halimodendron*). A signaler la présence de mucilage, destiné à retenir l'eau, dans l'épiderme des feuilles et des jeunes rameaux et dans le liège où les couches mucilagineuses alternent régulièrement avec les assises subéreuses (Saxaoul, etc.). Le sel existe, à l'état dissous ou solide, particulièrement dans les parties périphériques; il est rejeté sous forme de revêtement granuleux à la surface de la tige; le liège en se répétant l'expulse aussi. Ces plantes contiennent beaucoup de tannin. Le tissu chlorophyllien secondaire est particulièrement développé.

Les Cactées épiphytes exigent, d'après **Schumann** (3), une haute température et s'écartent peu des régions intertropicales. Elles sont pendantes, étayées ou fixées par des racines; quelques-unes seules peuvent se tenir dressées. Elles ont les mêmes procédés de protection contre la dessiccation que les Cactées terrestres dont elles diffèrent surtout par une articulation du corps plus grande (la surface de transpiration en est accrue, mais l'air de la forêt est humide) et par un accroissement du système assimilateur rendu nécessaire par l'éclairement faible dans la forêt vierge.

Plusieurs plantes parasites sont décrites par divers auteurs. Dans *Rafflesia Rochussenii*, d'après **Schaar** (4), le thalle, filamenteux dans l'écorce de l'hôte et massif dans le cambium, est formé de cellules toutes semblables à membranes canaliculées, mais sans perforation; il n'y a pas de ponctuations correspondantes entre le parasite et l'hôte. La plante hospitalière produit des pores vasculaires plus gros au contact du parasite. Le coussinet floral contient des faisceaux vasculaires. L'hôte ne semble pas gêné par la présence du *Rafflesia*.

Les Cuscutes ont été l'objet d'un long travail de **Mirande** (5). Au méristème terminal fait suite une région caractérisée par un cercle de laticifères (cellules à gros noyau, superposées en file et se continuant dans la feuille rudimentaire en une assise dorsale), par un endoderme amylifère qui s'efface plus tard et par une assise péricyclique constituée de longs tubes laticifères séparés seulement par une ou deux cellules étroites ; ces derniers laticifères contribuent plus tard au soutien de la tige, grâce à divers épaississements de leurs membranes, épaississements cellulosiques, cartilagineux ou lignifiés. Les méats et lacunes peuvent s'étendre jusque dans le liber; ils sont tapissés d'une couche subérisée ou cutinisée. Une gaine de cellules riches en protoplasme entoure toujours les faisceaux et les lacunes placées à leur sommet.

---

(1) Brenner : *Unters. an einigen Fettpflanzen.* (Flora, 1900).

(2) Jöhnson : *Zur Kentniss des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen.* (Lund's Univ. Arsskrift., t. 38, 1902).

(3) Schumann : *Die epiphytischen Kakteen.* (Zeitschr. f. Schwendener, Berlin (Borntrager frères), 1899).

(4) Schaar : *Ueber den Bau des Thallus von Rafflesia Rochussenii.* (Sitzber. k. Ak. Wiss. Wien, Math. naturw. Kl., t. 106, 1899).

(5) Mirande : *Recherches physiologiques et anatomiques sur les Cuscutacées.* (Bull. scient. Giard, t. 34, 1901).

Les feuilles sont plus ou moins développées et empruntent à la tige un ou plusieurs faisceaux ou n'en reçoivent aucun. La tige présente une réduction concomitante de ses faisceaux, dont le nombre peut descendre à cinq et dont les vaisseaux deviennent moins nombreux. Le liber subit une régression moins accentuée et l'on peut voir des faisceaux uniquement libériens entremêlés avec les faisceaux normaux ; les cribles sont très bien constitués. Il n'y a donc aucune atrophie du système libérien, qui sert ici à conduire les substances élaborées par les suçoirs de la Cuscute. Les substances de la plante nourricière (sauf peut-être le glucose) ne pénètrent pas dans le parasite ; les suçoirs sécrètent des diastases qui rendent absorbables les matériaux nutritifs utiles. Certaines substances de l'hôte ont une influence nocive sur la Cuscute, qui semble se défendre contre les alcaloïdes en produisant de l'huile dans ses suçoirs. L'affinité très diverse de la Cuscute pour les divers hôtes dépend de la résultante des influences combinées qui précèdent. Cette affinité se traduit extérieurement par des variations de coloration : la matière verte (formée habituellement aux dépens des grains d'amidon) apparaît d'autant plus abondante que l'hôte est moins apte à nourrir le parasite; le liquide rouge, contenu dans les cellules périphériques. est d'autant plus répandu que le parasite est mieux nourri. L'auteur établit plusieurs subdivisions du genre *Cuscuta* et la filiation de ces subdivisions.

M^me^ Schmidt (1) décrit le *Cassytha filiformis*, parasite tropical de port très semblable à la Cuscute, remarquable par l'abondance du mucilage, par ses lacunes profondes, par la disposition de ses suçoirs et de ses faisceaux conducteurs.

L'*Aphyllon uniflorum* est parasite sur *Aster corymbosus*, etc. Ses racines s'attachent étroitement à celles de l'hôte en les endommageant, mais sans qu'il y ait pénétration, selon SMITH (2).

Le suçoir de *Loranthus aphyllus*, holoparasite, pénètre dans l'écorce du *Cereus Quisco*. C'est, d'après **Thiselton-Dyer** (1), une masse ramifiée et anastomosée, difficile à expliquer; elle semble être enveloppée par un périderme dérivé des tissus corticaux de l'hôte.

---

(1) Adele-Therese Schmidt : *Zur Anatomie von Cassytha filiformis* (Œsterreisch. Bot. Zeitschr. Wien, 1902).

(2) Smith : *The structure and parasitism of Aphyllon uniflorum*, Gray. (Pub. Univ. Pennsylvania, 1901).

Hildebrand (2) a réuni dans un opuscule les cas connus de similitudes entre végétaux (Euphorbiacées, Composées et Asclépiadées cactiformes; Ortie et Ortie blanche) ou entre parties de végétaux (feuilles, phyllodes, cladodes) ou entre animaux et plantes (fruits et chenilles). Le mimétisme végétal ne lui semble pas avoir d'effet utile comme celui des animaux.

Gauchery (3) étudie le nanisme végétal dans les individus bien conformés, ne présentant pas de déformation (monstruosité ou anomalie) et développés dans les mêmes conditions que les individus de taille normale. Les nains ne sont pas des miniatures de l'espèce: l'ensemble des parties souterraines est particulièrement réduit, la tige n'est généralement pas ramifiée, les entrenœuds sont courts et peu nombreux. Les feuilles sont simplifiées, sans dents, ni incisions; quand la plante normale possède plusieurs sortes de feuilles, la forme des feuilles primordiales se retrouve seule chez les nains. Les caractères de l'inflorescence disparaissent; les fleurs et les graines sont souvent un peu réduites en dimensions. Les caractères les plus constants de l'espèce sont ceux des fleurs, des fruits et des graines. L'épiderme est le tissu le moins modifié; la forme des poils, des stomates et de leurs cellules annexes ne varie pour ainsi dire pas. Par contre les vaisseaux sont toujours de calibre réduit, même quand les autres tissus conservent leurs caractères. Les tissus de soutien sont fort atténués (pas de parenchyme ligneux secondaire, moelle peu ou pas sclérifiée). Tous les organes végétatifs sont plus ou moins modifiés. La structure correspond à un stade jeune dont les tissus seraient sclérosés. Les causes du nanisme sont fort obscures. Des graines provenant d'un même ovaire donnent souvent des nains à côté de plantes de taille normale. Dans quelques cas, le nanisme est dû au climat, comme l'a montré Gaston Bonnier pour le nanisme alpin.

Pour les frondes des Fougères, signalons un mémoire de **Gloss** (4) sur le mésophylle et un autre de **Parmentier** (5) sur la feuille et le parti qu'on en peut tirer au point de vue de la classification. Le travail le plus important est le mémoire de C. Eg. **Bertrand** et **Cornaille** (1) sur le pétiole des Filicinées actuelles. Dans l'Osmonde, existe une bande ligneuse continue, en forme d'arc concave du côté supérieur; c'est sur ce côté concave que se trouvent tous les pôles ligneux occupés par des trachées. Le liber entoure le bois de toutes parts. Les auteurs essaient de retrouver, dans cet arc, le faisceau bipolaire défini par Bertrand en 1881 : la portion de tissus libéro-ligneux comprise entre deux pôles consécutifs est considérée comme un faisceau bipolaire, de sorte que l'arc se compose d'une série linéaire de bipolaires soudés pôle à pôle et dont les pôles, ainsi devenus pôles doubles, sont rejetés du même côté ; cependant, comme il n'y a jamais de pôle aux extrémités, les auteurs sont obligés d'admettre que l'arc se termine à chaque bout par la moitié d'un bipolaire. Chez d'autres Fougères, l'arc est discontinu et découpé en tronçons comprenant un nombre variable de pôles ; dans tous les cas, les tronçons de l'arc se terminent à leurs deux extrémités par la moitié d'un bipolaire. Les tronçons à un seul pôle, nommés ici divergeants, seraient formés de deux demi-bipolaires unis pôle à pôle. On voit que, malgré l'opinion des deux auteurs, le divergeant semble être le faisceau-unité, l'élément fondamental de l'arc libéroligneux. Les modifications du système chez les Fougères actuelles se résument de la façon suivante. L'arc continu de l'Osmonde devient ailleurs plissé et figure une courbe sinueuse ; il s'interrompt par places et toujours au milieu d'un bipolaire. Il se simplifie par disparition d'une partie des tronçons de l'arc ; il se complique par la coalescence de divers tronçons dans le plan médian de la feuille et par l'apparition d'arcs supplémentaires. A noter la netteté des pôles ligneux dans les pétioles des frondes, alors que les tiges des Fougères en paraissent dépourvues dans la plupart de leurs cordons vasculaires.

---

(1) Thiselton-Dyer: *Morph. Notes* IV. *The haustorium of Loranthus aphyllus.* (Ann. of Bot., t. 15, 1901).

(2) Hildebrandt: *Ueber Æhnlichkeiten im Pflanzenreich*, Leipzig (Engelmann, 1902).

(3) Gauchery: *Rech. sur le nanisme végétal.* (Ann. Sc. nat. Bot., 8ᵉ S., t. 9, 1899).

(4) Gloss: *Mesophyll of Ferns.* (Bull. Torrey bot. Club. t. 24, 1897).

(5) Parmentier: *Rech. sur la feuille des Fougères et sur leur classification.* (Ann. Sc. nat. Bot., 8ᵉ S., t. 9, 1899).

(1) C. Eg. Bertrand et Cornaille : *Étude sur quelques caractéristiques de la structure des Filicinées actuelles*. (Trav. et Mém. Univ. Lille, t. 10, 1901. — Notes prélim. dans C. R. Ac. Sc.).

(A suivre). H. Ricôme.

---

450 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

RÉCENTES PUBLICATIONS BOTANIQUES

Reginald Ruggles Gates : *Pollen development in Hybrids of Œnothera Lata × O. Lamarckiana and its relation to Mutation* (Bot. Gaz., Fév. 1907).

Mac Dougal D. T. : *Hybridization of Wild Plants* (Bot. Gazette, Janv. 1907).

K. Weydahl : *Über den Einfluss der verschiedenen Lebensbedingungen auf die Gifthaarbildung bei Primula obconica.* Gartenfl. 1906.

J. Vintilesco : *Recherches sur les glucosides de quelques plantes de la famille des Oléacées.* (Thèse école de Pharmacie. Paris, 1906).

M. Harlay : *Le saccharose dans les Organes végétaux souterrains* (Thèse École de Pharmacie, 1905).

Em. Danjou : *Application des Procédés biochimiques à la recherche et au dosage du sucre de canne et des glucosides dans les Caprifoliacées* (Thèse École de Pharmacie, Paris, 1906).

Burton Edw. Livingston : *The relation of Desert Plants to Soil Moisture and to Evaporation* (Washington 1906, Carnegie Institution).

Nicklewski : *Ein Beitrag zur Kenntniss Wasserstoff oxydierender Mikroorganismen* (Bull. Acad. Sciences Cracovie), 1907).

B. Niklewski : *Untersuchungen über die Umwandlung einiger stickstoffreier Reservestoffe während der Winterperiode der Baume* (Beih. zum Bot. Centralblatt, 1905).

Schouten, S. L. : *Ein neuer und ein modifizierter Apparat zu pflanzenphysiologischen Demonstrations versuchen* (Flora, Heft I, 1907).

Küster E. : *Über die Beziehungen der Lage des Zeltkerns zü Zellenwachstum und Membranbildung* (Flora, 1907, p. 1-23.

Molisch, Hans : *Ueber das gefrieren in kolloiden* (Flora, Heft I, 1907).

Brown, Adrian : *On the existence of a semi-permeable Membrane enclosing the Seeds of some of the gramineæ* (Ann. of Bot., Janv. 1907).

G. H. Jensen : *Toxic Limits and Stimulation Effects of some Salts and Poisons on Wheat* (Bot. Gaz., Janv. 1907).

Klebs G. : *Ueber kunstliche Metamorphosen* (Stuttgart, E. Schweizrebart, Editeur, 1907).

Nicolle et Pinoy : *Sur la fructification des champignons pathogènes à l'intérieur même des tissus chez l'homme* (Compt.-Rend. Acad. Scienc., 18 févr. 1907).

Dr G. Delacroix : *Sur une maladie du Peuplier de la Caroline* (Bull. Soc. Mycolog. de France, 1906).

Bergtheil C. et Day D. L. : *On the cause of 'Hardness' in the Seeds of* Indigofera arrecta (Ann. of Bot., Janv. 1907).

Gibbs, L. S. : *Notes on the development and Structure of the seed in the Alsinoideæ* (Ann. of Bot., Janv. 1907).

Mc Nicol, Mary : *The Bulbils and Pro-embryo of* Lamprothamnus atopecuroides (Ann. of Bot., Janv. 1907).

I. E. Carothers : *Development of ovule and female Gametophyte in Ginkgo biloba* (Bot. gaz., Fév. 1907).

Lawson, Anstruther A. : *The gametophytes, Fertilization and Embryo of* Cephalotaxus drupacea (Ann. of Bot., Janv. 1907).

C. J. Chamberlain : *Preliminary Note on* Ceratozamia (Bot. Gaz. Février 1907).

W. C. Coker : *Fertilization and Embryogeny in* Cephalotaxus Fortunei (Bot. Gaz. Janv. 1907).

Goebel, K. : *Morphologische und biologische Bemerkungen* Nephrolepis Duffi (Flora, Heft, I, 1907).

F. Pelourde : *Recherches anatomiques sur la classification des Fougères de France* (Ann. Sc. nat., Bot., IX série, Tome 4, 1906).

Pascher, A. : *Ueber auffallende Rhizoid-und Zweigbildungen bei einer Mougeotia-Art* (Flora, Heft I, 1907).

Lorch, W. : *Das Mecanische System der Blätter, insbesondere der Stämmchenblätter von* Sphagnum (Flora, I Heft, 1907).

Palladiné, V. : *Manuel de Physiologie végétale (en russe)* (St-Péterbourg, 1907).

J. E. Gow. : *Morphology of* Spathyema fœtida (Bot. Gaz., Février 1907).

L. Diels : *Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich* (Berlin, 1906. Borntraeger).

A. Engler : *Beiträge zur kenntniss der Pflanzenformationen von Transvaal und Rhodesia* (Sitzungsber. der König. Preuss. Akad. d. Wissensch., 20 Décembre 1906).

G. Fron : *Traité élémentaire de Manipulations de Botanique* (Paris, Ch. Amat édit., 1906).

Arechavelata : *Flora Uruguaya (suite). Caprifoliacées. Rubiacées. Calycéracées* (Annales del Museo nacional de Montevideo).

Lorch, W. : *Einige Bewegungs-und Schrumpfungserscheinungen an den Achsen und Blättern mehrerer Laubmoose als Folge des Verlustes von Wasser* (Flora, Heft , 1907).

M. Dubard : *Revision du genre Oxera* (Bull. Soc. Bot. France, 1907).

Hemsley, W. B. : *Two new Triuridaceae, with some Remarks on the genus Sciaphila, Blume* (Ann. of Bot. Janv. 1907).

Renner, O. : *Ueber Wachsdrüsen auf den Blättern und zweigen von Ficus* (Flora, Heft I, 1907).

Janssonius, H. H. : *Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Baumarten [I Band]* (Bull. Leiden, 1906).

J. Schiller : *Optische Untersuchungen von Bastfasern und Holzelementen* (Sitz. der Kaiserl. Akad. der Wissensch. Wien, 1906).

Van Tieghem, Ph. : *Quelques remarques sur les Trémandracées* (Ann. Sc. nat , Bot., IX série, Tome 4, 1906).

F. Guéguen : Acrostalagmus Vilmorinii *nov. sp. Mucédinée produisant une maladie à sclérotes, du collet des Reines Marguerites* (Bull. soc. Mycologique de France, 1906).

J. B. Overton : *The Morphology of the Ascocarp and spore formation in the many-spored Asci of* Thecotheus Pelletieri (Botan. Gazette, Décembre 1906).

Scott, O. H. et Maslen, A. J. : *The Structure of the Palaeozoic Seeds,* Trigonocarpus Parkinsoni, *Brongniart and* Trigonocarpus Oliveri *sp. nov.* (Ann. of Bot., Janvier 1907).

Lille. — Imp. Le Bigot Frères

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Juin 1907

N° 222

*Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.*

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 JUIN 1907

Pages

I. — ACTION MORPHOGÉNIQUE DE QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES SUR LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS (avec planches et figures dans le texte), par **M. Marin Molliard** 242

II. — INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES SAPOTACÉES, par **M. Marcel Dubard** 292

III. — SUR LA STRUCTURE DU RHIZOME DE L'*ARTEMISIA VULGARIS* ET SES RAPPORTS AVEC L'ÉVOLUTION DE LA PLANTE (avec figure dans le texte), par **M. André Dauphiné** 296

IV. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE, parus de 1897 à 1902 (avec figures dans le texte), par **M. H. Ricôme** (*fin*). 300

V. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Galland** 302

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

Planche 8. — *Raphanus sativus* L.
Planche 13. — *Raphanus sativus* L. ; *Ipomœa purpuera* Lamk.

Cette livraison renferme en outre vingt et une figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE

MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de **E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

VIENT DE PARAITRE

COURS DE BOTANIQUE

par MM.

G. BONNIER
Membre de l'Institut
Professeur de Botanique à la Sorbonne

LECLERC DU SABLON
Professeur de Botanique
à l'Université de Toulouse

Fascicule IV (2e partie) Prix : 3 Francs

Ce fascicule, comprenant les Cryptogames vasculaires et les Muscinées, commence le second volume du *Cours de Botanique.*

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Grenier et Godron, Flore de France, 1848-56, 3 volumes reliés. . . . . 50 »

Patouillard, N. Tabulæ analyt. fungorum. Descr. et analyses microsc. des champignons nouv. rares ou crit. Fasc. I à VII (tout publié) 1883-89. 2 vols, avec 224 pl. col. rel . . . . 130 »

Zigno A. de Flora foss. formationis ooliticæ Padova, 1856-85. 2 tomes, folio av. 224 pl. col. rel. . 75 »

Coincy A. de. Ecloga plantarum Hispanicarum. Séries I-V. (tout publié) 1893-1901. 5 part. folio avec 59 pl. en cart . . . . 65 »

Reichenbach H. Xenia Orchidacea. Beitraege zur Kenntniss der Orchideen. Lpg. 1858-1900. 3 vols 4° avec 300 pl la plupart coloriées . . . . 200 »

Bulliard P. Herbier de la France. Hist. des champignons tome I. 1791, 4 pl. u. x. col. tome II, par *Ventenat*, 1812 (moins les pages 509 à 529 Plantes vénéneuses. Dre de botanique et 602 pl. col. et 12 tabl. rel. 1/2 bas. rac. en 5 vols 4°. (q.q. pl. *mouillées*). . . 650 »

Koch, W. Synopsis floræ Germanicæ et Helveticæ. Ed. II. Lipsiæ, 1843-45. 1104 p. rel. . . . . 20 »

Boreau A., Flore du Centre de la France, IIIe édit. 1857, 2 vols . . . . 35 »

Naudin. Les plantes à feuillage coloré 1874, 2 vols, avec 120 fig. et 124 pl. col. rel. . . . . 50 »

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT

Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (Ve)

Prix : *franco*, broché. . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères, Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

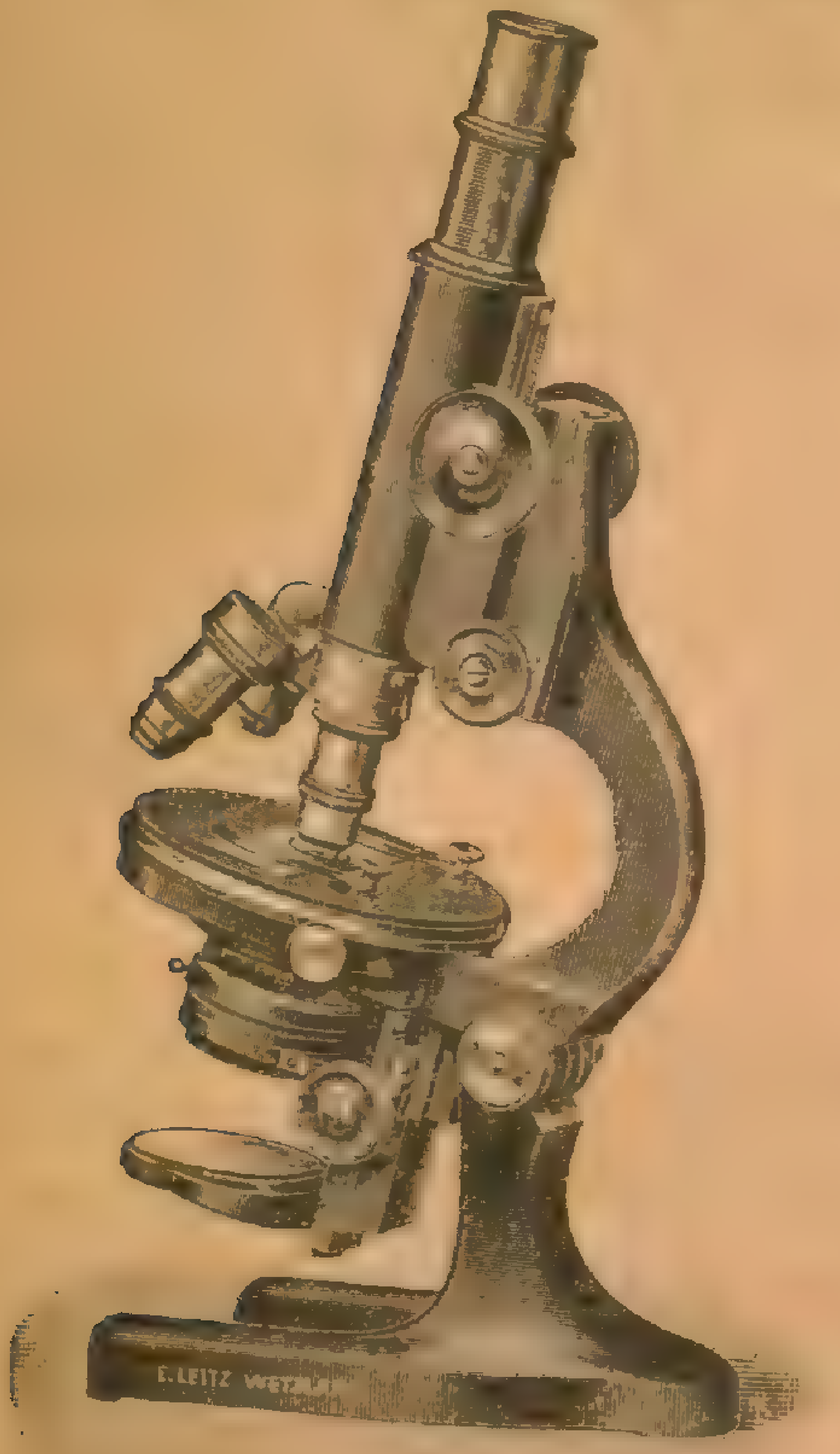
LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street



Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.).

Société Anonyme

A. Lumière et ses Fils

* * * * * * LYON * * * * * *

Plaques, Papiers

Pellicules (Procédé Planchon)

Produits Photographiques

GRANDS-PRIX, Paris 1889 et 1900
HORS CONCOURS — MEMBRE DU JURY
St-Louis, 1904, Liège, 1905, Milan, 1906

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

ACTION MORPHOGÉNIQUE
DE
QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES
SUR LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS

ÉTUDE D'ANATOMIE EXPÉRIMENTALE

Par M. Marin MOLLIARD

INTRODUCTION

Les auteurs qui ont étudié les relations existant entre l'anatomie des végetaux et leurs fonctions se sont occupés soit de l'action que divers facteurs impondérables, isolés ou combinés, lumière, chaleur, pesanteur, etc., exercent sur la structure des plantes, soit des variations que subit cette structure en présence d'une plus ou moins grande humidité de l'air ou du sol ; citons dans cet ordre d'idées les travaux de G. Bonnier (**7** à **11**) [1], Costantin (**14-15**), Dufour (**20**), Gain (**22**), Lhotelier (**33**), Ricôme (**50**), etc...

Parmi les substances nutritives qui peuvent être absorbées par les feuilles ou l'appareil radiculaire, le gaz carbonique et un certain nombre de sels minéraux ont été également étudiés au point de vue des modifications qu'ils apportent dans la structure des végétaux supérieurs ; les travaux de Montemartini (**47-48**), Teodoresco (**54**), Lesage (**32**), Dassonville (**16**), Solacolu (**51**), etc., dérivent de préoccupations de cette nature.

Mais, ainsi que le fait remarquer très justement J. Laurent (**30**) dans une mise au point des questions d'anatomie expérimentale, les facteurs extérieurs ne doivent agir que d'une manière indirecte, en modifiant le chimisme des cellules, soit quantitativement, soit même qualitativement ; or, c'est surtout en transformations de substances organiques que consistent les réactions d'une cellule vivante ; on peut donc prévoir que, si on arrive à modifier directement la nutrition des cellules, la forme de celles-ci s'en ressentira et qu'on pourra ainsi déduire de quelle manière intime agissent les facteurs indirects tels que la lumière et la chaleur. On aura du moins mis en évidence l'existence d'un ou plusieurs phénomènes servant de lien entre l'action lointaine de la lumière, par exemple, et la réaction terminale se traduisant par une structure déterminée.

---

[1] Les nombres en chiffres gras renvoient à l'index bibliographique placé à la fin du mémoire.

Des travaux récents ont montré d'autre part que les plantes supérieures sont capables d'absorber et d'utiliser des substances organiques telles que des sucres [J. Laurent (**28**), Mazé et Perrier (**39**)] ou des substances azotées [Lutz (**36**), J. Lefèvre (**31**)], substances qu'elles peuvent normalement élaborer à partir de substances minérales, en empruntant de l'énergie aux radiations solaires ; ces travaux ont surtout en vue le côté purement physiologique de la question et J. Laurent seul a abordé l'étude des modifications que subissent les plantes à qui on fournit ainsi directement du glucose, de la glycérine, etc. ; il n'a d'ailleurs considéré que la tige et la racine à ce point de vue ; or il était à prévoir que l'organe des végétaux supérieurs le plus sensible aux modifications du milieu, c'est-à dire la feuille, devait réagir d'une manière intense lorsque diverses substances organiques lui sont apportées par l'appareil conducteur de la tige.

Telles sont les considérations qui m'ont engagé à revenir sur cette question d'anatomie expérimentale ; j'ai abordé cette étude espérant trouver dans la comparaison des modifications apportées dans la structure des végétaux par l'action de certains agents extérieurs avec celles qu'amène l'apport direct de diverses substances organiques, une explication de la manière dont interviennent les premiers facteurs.

Je ne crois pas utile de refaire ici l'historique des travaux qui ont trait à l'assimilation des substances organiques par les végétaux supérieurs ; je renvoie pour ce point le lecteur au travail de J. Laurent (**28**). Nous serons d'ailleurs amenés à retrouver, au cours de notre travail, des résultats de physiologie pure ou d'anatomie expérimentale qui ne seront que la confirmation de faits déjà connus ; c'est dans les conclusions générales, qui seront formulées après l'exposé proprement dit de nos recherches, que nous établirons les faits nouveaux qui s'en dégagent et les interprétations auxquelles ils peuvent donner naissance.

Le plan de notre travail sera le suivant :

I. — Technique.
II. — Expériences portant sur le Radis (*Raphanus sativus* L.).
III. — Expériences portant sur l'Oignon (*Allium Cepa* L.).
IV. — Expériences portant sur l'Ipomée (*Ipomæa purpurea* Lam.).
V. — Expériences portant sur le Cresson (*Nasturtium officinale* L.).
VI. — Conclusions générales.

I. — TECHNIQUE

Sauf quelques expériences faites dans de la terre qui était arrosée avec des solutions contenant les substances organiques dont je désirais étudier l'action morphogénique, les cultures ont été faites en milieux aseptiques, après stérilisation des graines. Pour effectuer celle-ci, les graines étaient humidifiées pendant quelques instants par de l'eau stérile ; quand le tégument était rugueux, comme c'est le cas du Radis, je passais au préalable et très rapidement les graines dans de l'alcool absolu ; puis elles étaient soumises pendant une minute à l'action d'une solution de bichlorure de mercure à 1 °/₀ et lavées ensuite à plusieurs eaux stériles successives. Ces lavages avaient lieu dans des vases fermés à l'ouate et flambés ; les premiers étaient rapides, puis on les espaçait davantage et on en effectuait ainsi de 6 à 8 au total dans l'espace d'une journée.

Les graines ainsi traitées étaient ensuite portées une par une sur de l'ouate hydrophile imbibée d'eau et contenue dans des tubes ordinaires de culture, le tout ayant été stérilisé par la chaleur ; on laissait les graines germer dans ces tubes ; les unes ne donnaient lieu à aucun développement, étant mauvaises ou ayant été tuées par le bichlorure de mercure, en raison de leurs téguments qui, déchirés en quelque point, se laissaient traverser par le liquide antiseptique ; quelques-unes germaient, mais en laissant apparaître à leur surface des moisissures rapidement visibles; restaient les plus nombreuses qui se développaient sans donner naissance à une production déjà apparente de champignons. Elles étaient alors transportées sur les milieux nutritifs, lorsque la radicule avait atteint une certaine longueur.

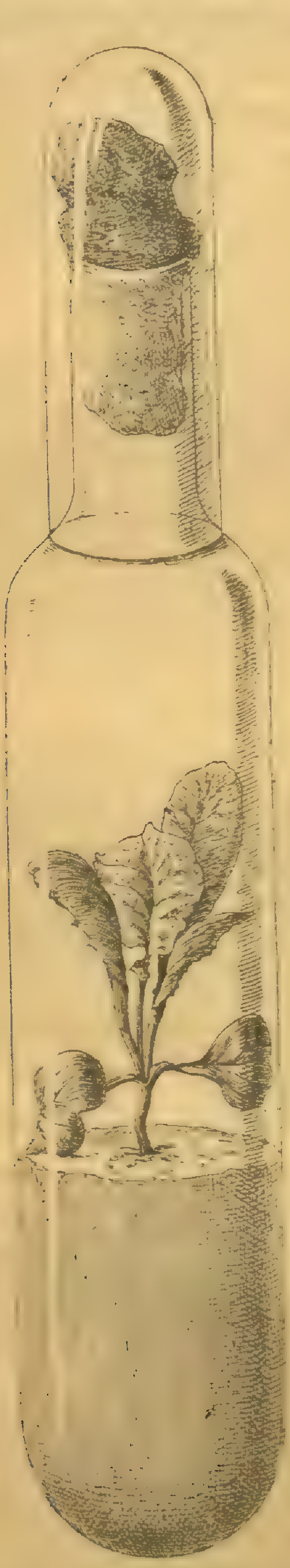


Fig. 1. — Modèle de tubes ayant servi aux cultures en milieux gélosés (réduit de moitié).

Les milieux qui ont été employés pour nos cultures ont été très généralement rendus solides par l'addition de gélose à la dose de 1,5 °/₀ ; il en sera ainsi toutes les fois que je ne mentionnerai pas le contraire. Le milieu minéral le plus ordinairement employé est la solution indiquée par Knop, faite à partir d'eau de Vanne et comprenant :

Eau de Vanne..........	1.000 cc
Carbonate de potassium	0 gr. 25
Sulfate de magnésium.........	0 gr. 25
Phosphate de calcium bibasique.	0 gr. 25
Phosphate de fer.........	traces

C'est le milieu qui nous a servi de témoin et c'est à lui qu'ont été ajoutées les diverses substances dont nous avons étudié l'action sur la structure des plantes en expérience.

Les vases, dans lesquels se sont développées les plantes, avaient la forme indiquée par la figure 1 ; ils avaient une contenance d'environ 350^{cc} et un diamètre intérieur de 4^{cm}5. On y introduisait 100^{cc} du milieu nutritif gélosé, on fermait avec de l'ouate flambée, aussi peu tassée que possible, on recouvrait enfin le goulot avec un tube de verre fermé par en haut; on stérilisait à l'autoclave et on laissait le liquide gélosé prendre consistance par refroidissement. Pour permettre à la radicule de s'enfoncer dans le milieu gélosé, ce qu'elle serait incapable de faire d'elle-même, on lui amorçait en quelque sorte son chemin en perçant la masse solide à l'aide d'une longue tige de fer emmanchée, venant d'être stérilisée à la flamme; on faisait ainsi un trou étroit d'à peu près 1^{cm} de long.

C'est dans cet orifice qu'on faisait ensuite pénétrer la radicule de chacune des plantes germées sur ouate; on se servait pour cela de longues pinces très souples qui, flambées et refroidies brusquement dans des tubes contenant de l'eau stérilisée, venaient saisir la graine germée et la transportaient dans le tube où elle devait se développer définitivement, en orientant la radicule vers l'orifice pratiqué dans la gélose. On avait ainsi des cultures bien axiales et qui présentaient une allure très constante dans chacun des milieux; chaque série correspondant à un milieu déterminé comprenait au minimum 10 cultures, de manière à pouvoir éliminer celles qui se contaminaient dans le cours du développement (elles n'étaient pas nombreuses) et à être assuré que les caractères nouveaux qu'on observait pour chaque série n'étaient pas des caractères individuels.

Une fois ensemencés, les tubes, dont l'ouate était préservée de la pluie par le tube renversé, étaient tous placés à la même exposition à l'air libre, contre un mur regardant le Nord; les plantes recevaient ainsi une belle lumière diffuse, mais le soleil ne les frappait jamais directement. Des expériences préliminaires m'ont montré que la lumière directe nuit au développement des plantes situées à l'intérieur de flacons de verre où la température devient vite trop considérable.

D'autre part, le développement des plantes végétant sur une solution purement minérale et à la lumière diffuse est assez maigre; cela peut tenir d'abord à ce que le milieu de Knop ne correspond pas aux conditions optima de nutrition (j'ai cherché sans grand succès à le modifier), puis l'assimilation chlorophyllienne est à priori assez faible à cause de la faible intensité lumineuse et de l'obstacle qu'offrent le tampon d'ouate et le tube renversé aux échanges gazeux qui s'effectuent entre l'atmosphère interne du tube de culture et l'air extérieur.

Pour me rendre compte de ce second point j'ai fait absorber le gaz carbonique, qui se trouvait dans 5 tubes identiques à ceux qui me servaient aux cultures, par des volumes égaux d'une même solution d'eau de baryte. L'un des tubes était laissé ouvert, l'autre fermé avec de l'ouate laissée très lâche, le troisième présentait en outre le tube de verre renversé, le quatrième avait un tampon d'ouate très serré, le cinquième était fermé par un bouchon de caoutchouc ; enfin on avait placé à côté de ces cinq tubes un vase à précipiter largement ouvert présentant le même diamètre interne que les tubes et contenant le même volume de la solution de baryte; le tout était placé dans un endroit où l'air était assez calme et la baryte dosée au bout de huit jours, après filtration. La solution du cinquième tube servait de témoin; on constatait ainsi que les premier, second et troisième tubes avaient donné lieu à une absorption de gaz carbonique sensiblement égale et qui était environ la moitié de celle de la solution de baryte placée dans le vase largement ouvert. Le quatrième tube, au contraire, ne permettait qu'une absorption bien moindre de gaz carbonique, variable évidemment avec la manière dont le coton était comprimé, mais qui était, en moyenne, seulement le quart de la précédente. A moins d'indications contraires, les résultats que nous décrivons sont relatifs à des tubes dont le coton était peu serré.

D'ailleurs, le point important, et que nous avons cherché à réaliser dans nos cultures, était de conserver l'égalité des conditions pour tous les lots qu'il s'agissait de comparer ; seule a varié la nature des substances que j'ai ajoutées au milieu minéral choisi arbitrairement comme témoin. Il s'est même trouvé qu'il était avantageux d'avoir pour point de comparaison des plantes dont la végétation était assez maigre ; l'action des substances ajoutées devenait ainsi plus sensible; j'ai constaté, du reste, que l'assimilation de ces dernières se produisait plus facilement à de faibles lumières, ce qui est conforme aux résultats obtenus sur cette question par Lubimenko (**35**).

II. — RADIS (*RAPHANUS SATIVUS* L.)

A. — CULTURES EN MILIEU MINÉRAL

La variété à laquelle je me suis adressé est celle que les horticulteurs désignent sous le nom de Radis rond rose à bout blanc, dont le développement présente l'avantage d'être assez rapide.

1. *Caractères extérieurs.* — La germination s'effectue bien sur le milieu minéral de Knop, rendu solide par l'addition de gélose, mais le développement ne peut être poussé très loin lorsque les réserves des cotylédons ont été épuisées ; la croissance devient alors très lente et, au bout de deux mois de végétation, les plantes atteignent presque leur maximum de croissance, mesurant environ 5 cm. et présentant 2 cotylédons larges et longuement pétiolés et environ 6 feuilles d'une teinte vert jaunâtre (Pl. 8, fig. 1) ; ces feuilles ont leur limbe sensiblement plan, à poils très difficilement visibles à l'œil nu ; en dehors d'un grand lobe terminal elles présentent souvent un ou deux petits lobes latéraux inférieurs (A, fig. 6) ; leur bord est largement denté, leur pétiole allongé et d'un vert pâle.

L'axe hypocotylé reste grêle et prend une teinte rose due à la formation d'anthocyane dans son épiderme ; les racines sont bien développées, restent blanches et jamais on n'observe trace de tubérisation dans l'axe hypocotylé ni la racine principale.

Au bout de 3 ou 4 mois la tige commence à allonger ses entrenœuds, mais il est rare qu'on voie apparaître à son extrémité des boutons floraux qui dans tous les cas ne tardent pas à se dessécher sans avoir pris un développement appréciable. A ce moment les cotylédons et les feuilles inférieures ont épuisé leurs matières nutritives et disparaissent en devenant entièrement blancs.

2. *Poids secs.* — Dans les conditions de végétation où les plantes ont été placées y a-t-il eu simplement utilisation des matériaux nutritifs contenus dans la graine ou bien les Radis ont-ils pu se nourrir d'une part aux dépens du milieu minéral fourni et d'autre part ont-ils assimilé le carbone du gaz carbonique de l'air ?

La comparaison des poids secs des plantules et de ceux que fournissent les plantes qui ont végété quelques mois dans les tubes de culture nous montre qu'il y a eu un gain appréciable ; 10 plantules de Radis de la variété ensemencée, extraites de graines de dimensions aussi variées que possible parmi celles qui étaient destinées aux expériences nous ont donné comme poids secs (en milligrammes) :

8 — 9,5 — 9,5 — 10 — 10,5 — 10,5 — 12 — 12,5 — 13,5

soit en moyenne 10$^{\text{mgr}}$·65. Le tableau suivant nous donne les poids secs d'un certain nombre de plantes, en même temps que les poids frais, ainsi que le rapport de ces deux poids :

DURÉE DE LA CULTURE	POIDS SEC (mgr)	POIDS FRAIS (mgr)	RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS
41 jours	36	707	0.051
66 »	43	711	0.060
66 »	51	875	0.058
88 »	38	»	»
88 »	42	»	»
101 »	60	1056	0.056
107 »	62	915	0.067

3. *Cultures en atmosphère confinée.* — On voit donc que le poids sec a triplé en 6 semaines et sextuplé en 5 mois et que la proportion de matière sèche par rapport au poids de matière vivante est sensiblement constante et assez faible. A quoi devons-nous attribuer cette augmentation de poids sec, à l'absorption des sels minéraux introduits dans le liquide et des produits contenus dans la gélose ou bien à l'assimilation chlorophyllienne ? Pour faire le départ de ces deux sources possibles d'aliments nous avons effectué un certain nombre de cultures dans lesquelles les plantes ont été privées du gaz carbonique de l'air par fermeture du tube. Il suffisait de repousser le tampon d'ouate dans l'intérieur du goulot et d'obturer hermétiquement celui-ci avec un bouchon de caoutchouc qui venait de séjourner au préalable dans une solution de bichlorure de mercure. Dans ces conditions la plante n'a plus à sa disposition que le gaz carbonique qu'elle rejette elle-même dans l'atmosphère confinée du tube et dont la décomposition ultérieure ne saurait constituer pour elle un gain de matière sèche.

Si on ferme le tube aussitôt que la graine y a été mise en place le Radis prend des caractères extérieurs assez différents de ceux qu'il acquiert en tube simplement fermé par de l'ouate ; l'axe hypocotylé reste plus court, mais devient sensiblement plus épais ; le limbe des cotylédons se recourbe sur lui-même, la face inférieure devenant très concave ; les feuilles se développent beaucoup moins, leur pétiole est court et trapu et le limbe reste à un état rudimentaire de développement ; plus tard cotylédons et feuilles se détachent de la tige et toute croissance s'arrète.

Si on opère la fermeture du tube alors que la plante a déjà effectué son développement en présence de l'air extérieur les feuilles déjà constituées périssent bientôt ; elles jaunissent, puis tombent quelques jours après la fermeture du tube ; il s'en constitue quelques nouvelles, mais qui restent minuscules et prennent ordinairement une coloration rosée (fig. 2).

Le poids sec de telles plantes est très inférieur à celui que nous avons obtenu pour les cultures ordinaires ; c'est ainsi qu'une plante laissée dans un tube, d'abord fermé à l'ouate pendant 60 jours, puis muni d'un bouchon de caoutchouc, a présenté au bout de 30 jours de vie en atmosphère confinée un poids sec de 16$^{\text{mgr}}$; des plantes témoins cultivées pendant les 60 premiers jours de l'expérience, en communication avec l'air extérieur, avaient un poids sec de 40$^{\text{mgr}}$ en moyenne, qui devenait égal à 45$^{\text{mgr}}$ au bout de 90 jours. La vie en air confiné a donc eu pour résultat une perte très sensible de poids sec et ce n'est pas à une asphyxie qu'il faut la rapporter, car des analyses de l'atmosphère interne du tube ont montré que sa composition n'était pas sensiblement modifiée pendant l'expérience ; la petite quantité de gaz carbonique qui s'accumulait pendant la nuit était assez rapidement reprise par la fonction chlorophyllienne dans les premières heures du jour.

Ce n'est donc pas au substratum qu'il faut rapporter les récoltes évaluées précédemment, mais bien à l'assimilation chlorophyllienne. Les résultats que nous venons d'exposer relativement au développement des Radis dans ce premier milieu nutritif nous indiquent que nous sommes loin des conditions optima de végétation ; outre que la solution minérale employée n'est pas la plus favorable à la plante en question, les échanges gazeux avec l'atmosphère extérieure étaient affaiblis et l'éclairement était toujours peu intense ; du

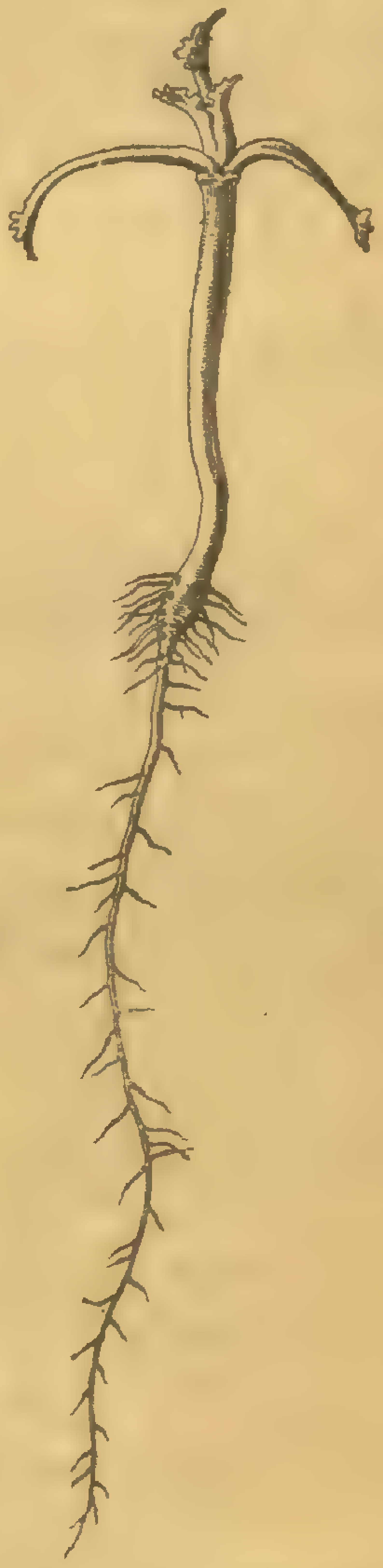


Fig. 2. — Radis qui s'est développé sur milieu minéral en tube fermé (Gr. nat.).

moins ces conditions sont toujours restées les mêmes dans toutes les autres expériences et le faible développement que nous avons obtenu dans cette première série, qui n'est pour nous qu'une série témoin, deviendra au contraire un avantage dans les comparaisons que nous établirons ultérieurement, l'influence des substances nutritives ajoutées devenant plus facilement appréciable.

4. *Caractères anatomiques.* — Nous ne nous occuperons dans tout notre travail que de la structure de la feuille et de la tige ; les racines, si on met à part la région qui contribue à la formation du tubercule, ne présentent en effet dans les divers milieux de culture que des modifications anatomiques relativement faibles ; leur description ferait du reste double emploi avec celle qui se rapportera à la tige ; ce sont d'ailleurs celles qui ont été le mieux étudiées dans les travaux antérieurs.

a. Feuille. — Si nous examinons une coupe transversale pratiquée dans le limbe d'une feuille correspondant au milieu minéral (A, fig. 7) nous constatons, entre les deux faces épidermiques, une assise palissadique unique, à grandes lacunes, et un tissu lacuneux comprenant 4 assises ; chaque cellule de ce parenchyme possède des chloroleucites assez gros, parfaitement homogènes ne contenant jamais d'amidon à leur intérieur (B, fig. 7). En raison des comparaisons qui suivront, j'ai eu soin, pour l'examen de l'amidon dans les feuilles, de m'adresser toujours à des organes fixés à la fin de la journée, c'est-à-dire dans les conditions les plus favorables à la présence d'amidon dans les tissus verts ; il en a été ainsi non seulement pour le Radis, mais pour les autres plantes que nous avons cultivées en présence de diverses matières organiques.

Le noyau des cellules chlorophylliennes du limbe est sphérique ; le réseau chromatique présente des amas nodaux assez petits dont deux se trouvent contre le nucléole, en deux points diamétralement opposés, disposition semblable à celle que nous avons signalée, Matruchot et moi, chez la Courge (**37**). Vu de face l'épiderme présente des cellules à contour très légèrement sinueux et de nombreux stomates, avec une ou deux cellules annexes (A, fig. 8).

b. Axe hypocotylé. — L'axe hypocotylé a la structure d'une racine ; j'en donnerai les principaux traits pour un individu qui s'est développé pendant un mois. L'écorce est beaucoup plus épaisse que le cylindre central ; le rapport des deux épaisseurs est de 3 à 1 ; il se forme en deux régions diamétralement opposées une lacune corticale (A, fig. 3). On observe dans le cylindre central deux faisceaux ligneux centripètes *b* (fig. 3) ; le métaxylème *mtx*, formé de larges vaisseaux, est bien développé et, en dehors de lui, le tissu libérien est constitué par des cellules à cloisons nombreuses. Les choses en restent là longtemps et ce n'est que plus tard qu'apparaissent des formations secondaires proprement dites, d'ailleurs toujours peu développées. Nulle part, pas plus que dans la feuille, on ne trouve trace d'amidon.

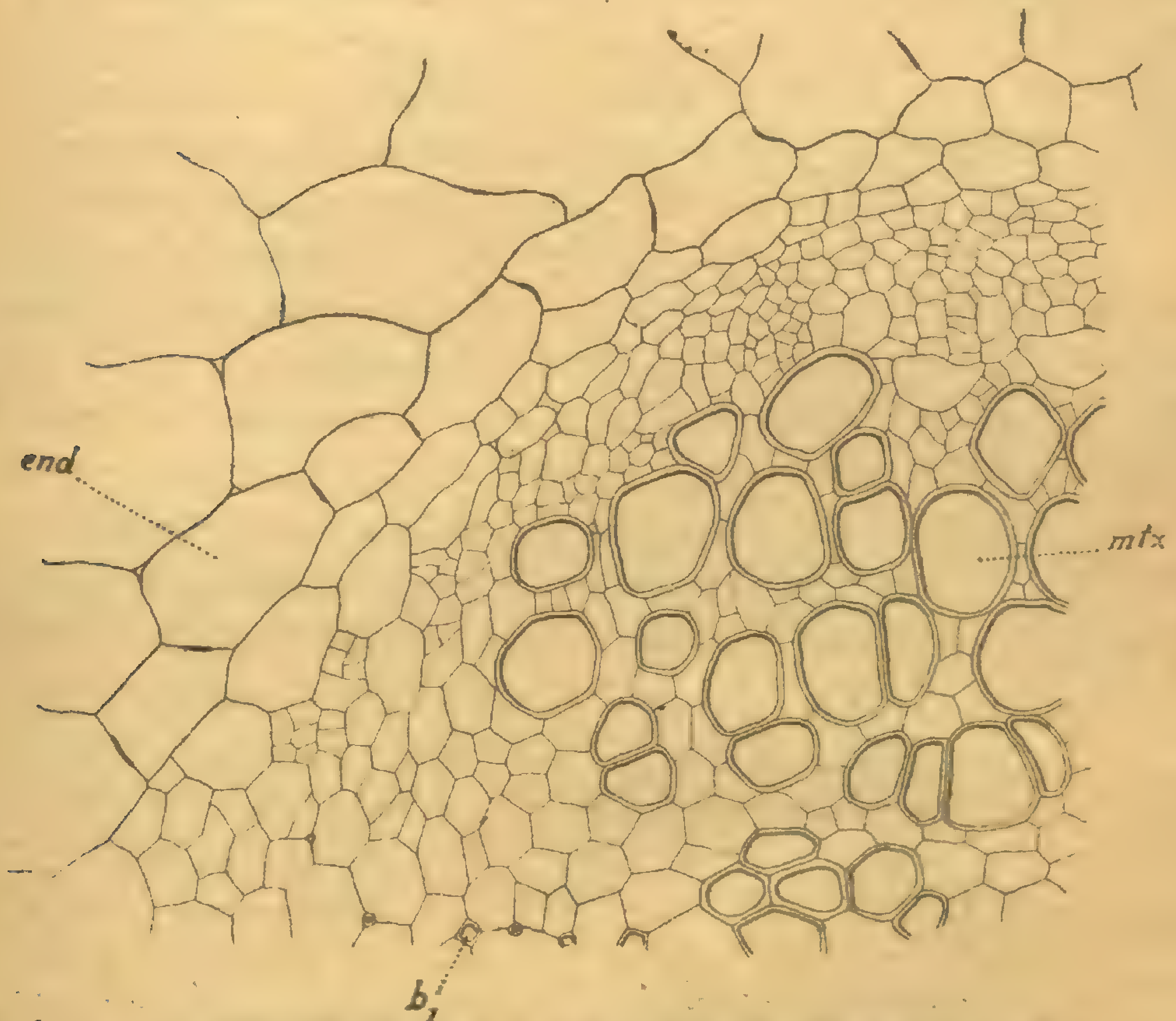


Fig. 3. — Axe hypocotylé de Radis développé sur milieu minéral (tube ouvert). b_1, bois primaire ; *mtx*, métaxylème ; *end*, endoderme. (G = 275).

Je signale une fois pour toutes la présence dans le parenchyme foliaire, dans la région périphérique du cylindre central et l'écorce de l'axe hypocotylé, de cellules spéciales à myrosine ; je n'y reviendrai pas dans les comparaisons ultérieures, parce que je n'ai pu observer de modifications sensibles dans leur répartition, lorsque le milieu nutritif vient à être changé.

Lorsque la culture a lieu en atmosphère confinée l'axe hypocotylé présente, nous l'avons vu, pour le même temps de végétation, un diamètre plus considérable ; cette augmentation transversale est surtout due à un important développement des formations secondaires libéroligneuses. La figure 4 les représente à partir des derniers vaisseaux de métaxylème ; les éléments conducteurs ligneux sont plus petits et à parois plus minces que dans le cas précédent ; leur cavité est entièrement occupée par une substance gommeuse.

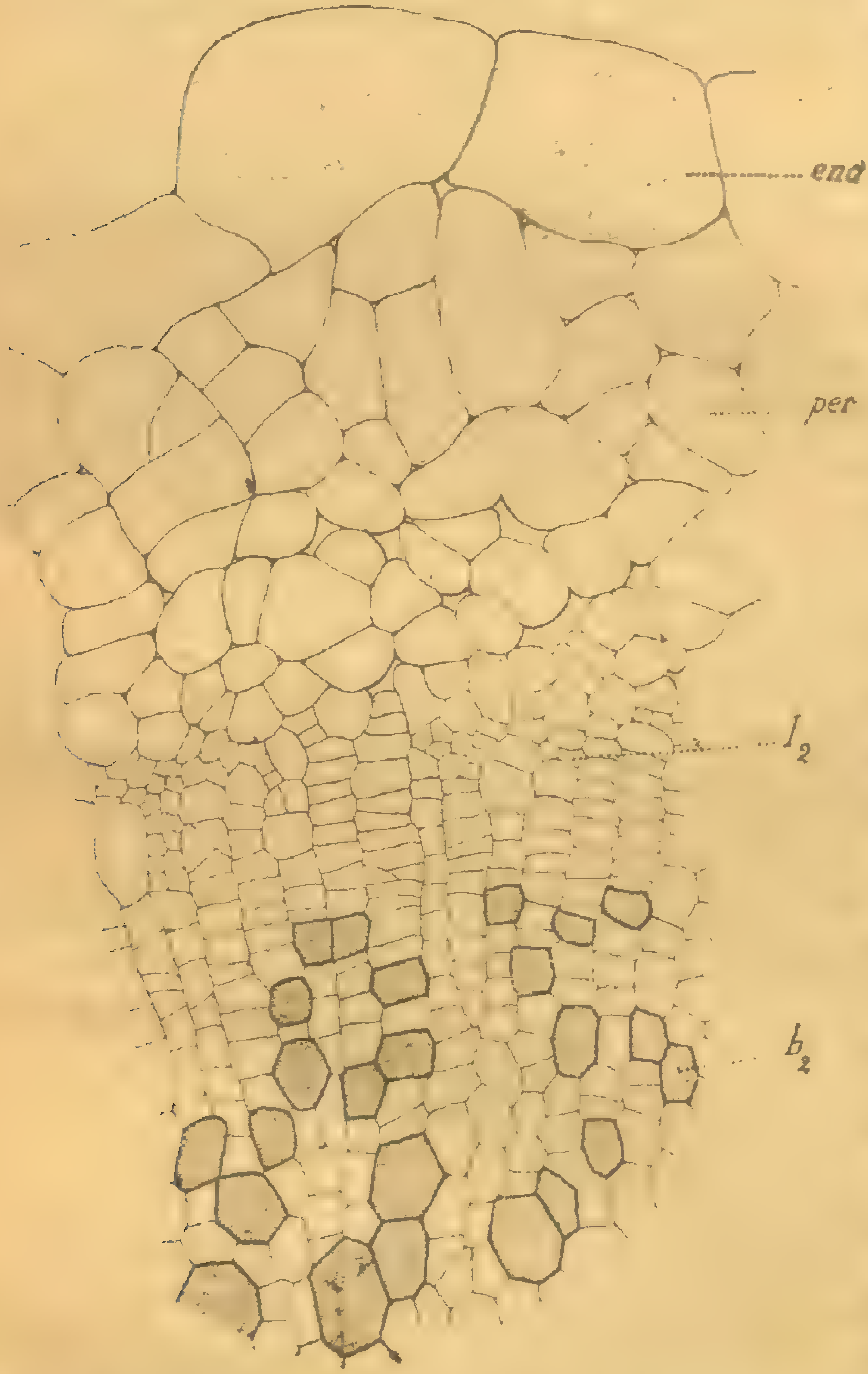


Fig. 4. — Axe hypocotylé de Radis développé sur milieu minéral (tube fermé) ; b_2, bois secondaire ; l_2, liber secondaire ; *per*, péricycle ; *end*, endoderme. (G = 275).

Le péricycle *per* prend également des caractères très particuliers ; il se cloisonne abondamment, ses cellules ayant une tendance marquée à prendre la forme sphérique en constituant de nombreux méats et en acquérant des dimensions beaucoup plus considérables qu'en tube ouvert ; le parenchyme cortical se comporte à ce point de vue comme le péricycle.

L'ensemble de ces caractères pris par la tige des individus qui effectuent leur développement en tubes fermés est vraisemblablement en relation avec le très faible développement de l'appareil foliaire et par suite avec une transpiration très réduite ; le peu d'intensité de la circulation expliquerait l'occlusion des vaisseaux ligneux et d'autre part les matières nutritives provenant surtout des cotylédons et amenés par le liber serviraient au développement précoce des formations secondaires et au cloisonnement intense du péricycle. Ces matériaux alimentaires, à peine utilisés pour la constitution de feuilles, seraient entièrement employés par l'axe hypocotylé.

La suppression ou tout au moins la réduction considérable de la fonction chlorophyllienne entraîne donc la disparition presque complète de l'appareil foliaire et par contre-coup un développement plus considérable de l'axe hypocotylé, du moins tout le temps que les réserves de la graine ne sont pas entièrement employées. Notons enfin que l'aspect remarquable du péricycle que nous venons de signaler est tout à fait comparable morphologiquement aux tissus qui se forment dans de nombreuses cécidies, sous l'action de parasites végétaux et animaux [voir à ce sujet J. Laurent (**29**)] ; dans les deux cas l'action prochaine paraît être celle d'un apport de matériaux nutritifs notablement plus considérable que dans les conditions normales de développement ; mais ici cet apport est déterminé par l'atrophie des feuilles, et dans les galles par une substance jouant le rôle d'excitant.

5. *Cultures en présence d'eau distillée.* — Si, au lieu d'employer la solution minérale de Knop, on fournit uniquement à la plante de l'eau distillée exempte de toute trace métallique (eau distillée dans un appareil de verre), on constate que les plantes prennent un aspect sensiblement différent ; les feuilles deviennent vite d'un jaune foncé ; les nervures rougissent, ainsi que l'extrémité des dents et la base des poils, si bien que le limbe apparaît comme finement piqueté. Une plante développée pendant trois mois dans ces conditions a donné un poids frais de 479^{mgr} et un poids sec de 45^{mgr} ; le rapport du poids sec au poids frais est ainsi de 0,094, c'est-à-dire très nettement supérieur à ce qu'il est toujours (0,060) en présence de la solution de Knop. A cette déshydratation relative, produite par l'eau distillée, se rapporte un tissu palissadique un peu plus développé que dans le cas de la solution minérale, qui nous servira toujours de témoin.

6. *Action du chlorure de sodium.* — J'ai fait quelques séries de cultures en ajoutant à la solution de Knop du chlorure de sodium, de manière à pouvoir constater l'action qu'une substance absor-

bable par la plante, mais non assimilable, exerce sur le développement et la structure du Radis, et cela en vue de comparaisons à établir avec ce que nous observerons quand il s'agit de substances assimilables.

Le chlorure de sodium ajouté à la solution de Knop nuit nettement au développement, qu'il ralentit dans les conditions de nos cultures. Au bout d'un mois, les cultures témoins sur solution normale présentaient quatre feuilles bien développées ; quand on ajoutait 0,2 °/₀ de chlorure de sodium, on observait deux cotylédons encore bien verts et trois feuilles plus larges que les précédentes, mais un peu plus jaunes ; avec 0,5 °/₀, les trois feuilles étaient encore plus larges (fig. 5), plus épaisses et à bords très simples ; quand la dose de chlorure de sodium atteignait 2 °/₀, les radicelles se développaient à peine ; les deux cotylédons jaunes étaient très épais, très larges et très durs ; il n'apparaissait pas d'autre feuille.

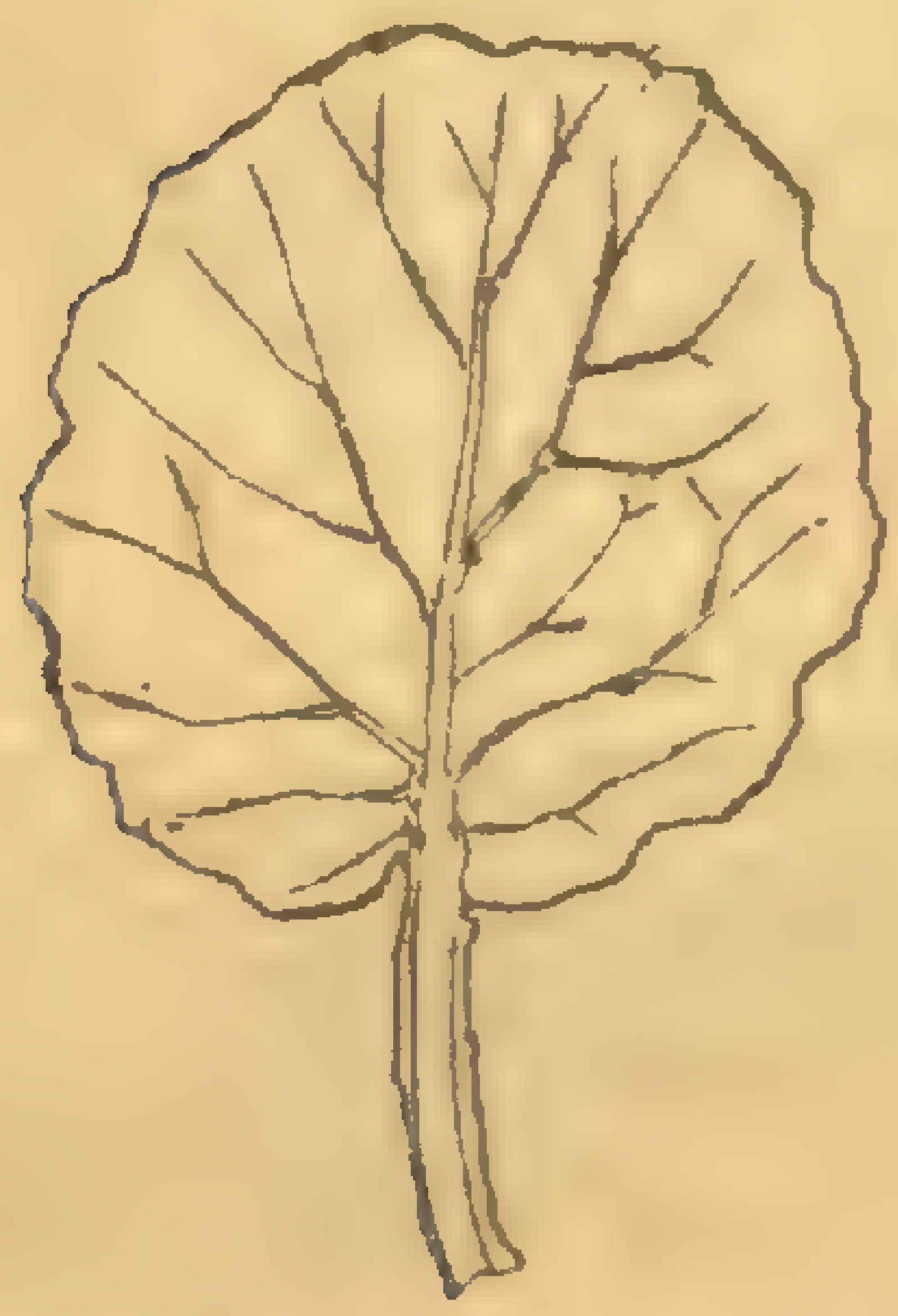


Fig. 5. — Feuille de Radis développé en présence de 0,5 °/₀ de chlorure de sodium. (Gr. nat.).

La feuille présente, avec 0,5 °/₀ de chlorure de sodium, un tissu palissadique plus développé ; les chloroleucites deviennent peu nombreux et petits ; les formations secondaires de l'axe hypocotylé sont accentuées.

B. — CULTURES EN MILIEUX GLUCOSÉS

a. — **Cultures en tubes ouverts.**

Si à la solution minérale témoin on ajoute des quantités croissantes de glucose, les plantes subissent de grandes modifications. Dans mes premiers essais un certain nombre de cultures ont été faites avec du glucose pur, d'autres avec le glucose masse du commerce ; les résultats obtenus ayant été absolument comparables, je ne me suis servi ensuite, en raison du prix élevé du corps pur, que du second produit.

Caractères extérieurs. — C'est d'abord sur la croissance qu'agit le glucose, comme l'ont du reste signalé tous ceux qui ont fait des cultures analogues à celles qui nous occupent. C'est ainsi qu'au bout de deux mois de végétation, alors que les plantes développées sur la solution de Knop mesuraient 5^{cm}, elles atteignaient 6^{cm} avec 2 °/₀ de glucose, $5^{cm}5$ avec 5 °/₀, 3^{cm} avec 10 °/₀ et $0^{cm}75$ avec 15 °/₀. Il y a donc un optimum pour la croissance, réalisé par une solution contenant environ 2 °/₀ de glucose. Pour cette dernière dose on compte 4 ou 5 feuilles sensiblement plus vertes qu'avec la solution minérale ; avec 5 °/₀ la teinte verte s'accentue encore (Pl. 8, fig. 2) ; on ne compte plus que 3 feuilles d'un vert intense avec 10 °/₀ de glucose et seulement 2 feuilles encore petites avec 15 °/₀ de glucose ; les feuilles changent encore d'aspect en devenant convexes par leur face supérieure, fait particulièrement frappant pour les solutions à 10 °/₀ (Pl. 8, fig. 3).

La taille définitive des cotylédons et des feuilles ordinaires subit des variations semblables, s'accroissant d'abord par de petites quantités de sucre, puis diminuant rapidement au fur et à mesure que la teneur en glucose augmente ; la largeur des cotylédons est ainsi de 18^{mm} avec 2 °/₀ de glucose, 9^{mm} avec 10 °/₀, 5^{mm} avec 15 °/₀ de glucose.

L'axe hypocotylé devient aussi de plus en plus court, en même temps qu'il s'épaissit et qu'il forme de plus en plus d'anthocyane dans ses cellules périphériques ; il en est de même des pétioles.

Au fur et à mesure que la concentration en glucose augmente le contour de la feuille se modifie ; les lobes latéraux inférieurs ont une tendance à disparaître et ils n'existent plus pour les solutions à 15 °/₀ de glucose ; la figure 6 représente à côté de la feuille témoin (A), correspondant au milieu minéral, des feuilles développées aux dépens de solutions contenant 5 (B), 10 (C) et 15 °/₀ (D) de glucose ; elle montre la réduction de la surface foliaire à partir de la dose de 2 °/₀ et la simplification croissante de la forme du limbe ; mais alors que la forme représentée en D (fig. 6) est constante pour 15 °/₀ de glucose, les contours B et C ont été choisis parmi ceux que présentent les individus à qui on donne 2 ou 10 °/₀ de glucose. Les dents du limbe deviennent en même temps plus petites et plus obtuses et les poils sont beaucoup plus apparents ; en vieillissant les feuilles rougissent à partir de l'extrémité de leurs dents lorsque la concentration en glucose atteint 10 °/₀.

Dans une communication préliminaire (**44**) j'ai décrit comme caractéristiques des Radis développés sur solution à 15 °/₀ de glucose des feuilles qui étaient au contraire profondément lobées, c'est-à-dire ayant subi une transformation inverse de celle que je viens de signaler ; la contradiction s'explique par ce fait que les Radis que j'avais tout d'abord étudiés s'étaient développés dans des tubes qui avaient été fermés avec du coton fortement comprimé, si bien qu'ils s'étaient à peu près accrus dans une atmosphère confinée ; nous retrouverons en effet dans ce dernier cas des plantes à feuilles très découpées.

La simplification que présentent dans leur forme les feuilles développées en présence d'une quantité suffisante de glucose permet vraisemblablement d'expliquer l'existence d'une feuille à contour relativement très simple que présentent parfois les Radis à la suite de leurs cotylédons ; cette feuille intermédiaire entre les cotylédons et les feuilles définitives a dû pousser plus loin que d'ordinaire sa différenciation à l'intérieur de la graine et a acquis une forme spéciale en rapport avec les conditions de nutrition qui sont sensiblement différentes de celles qui président à la formation des feuilles définitives.

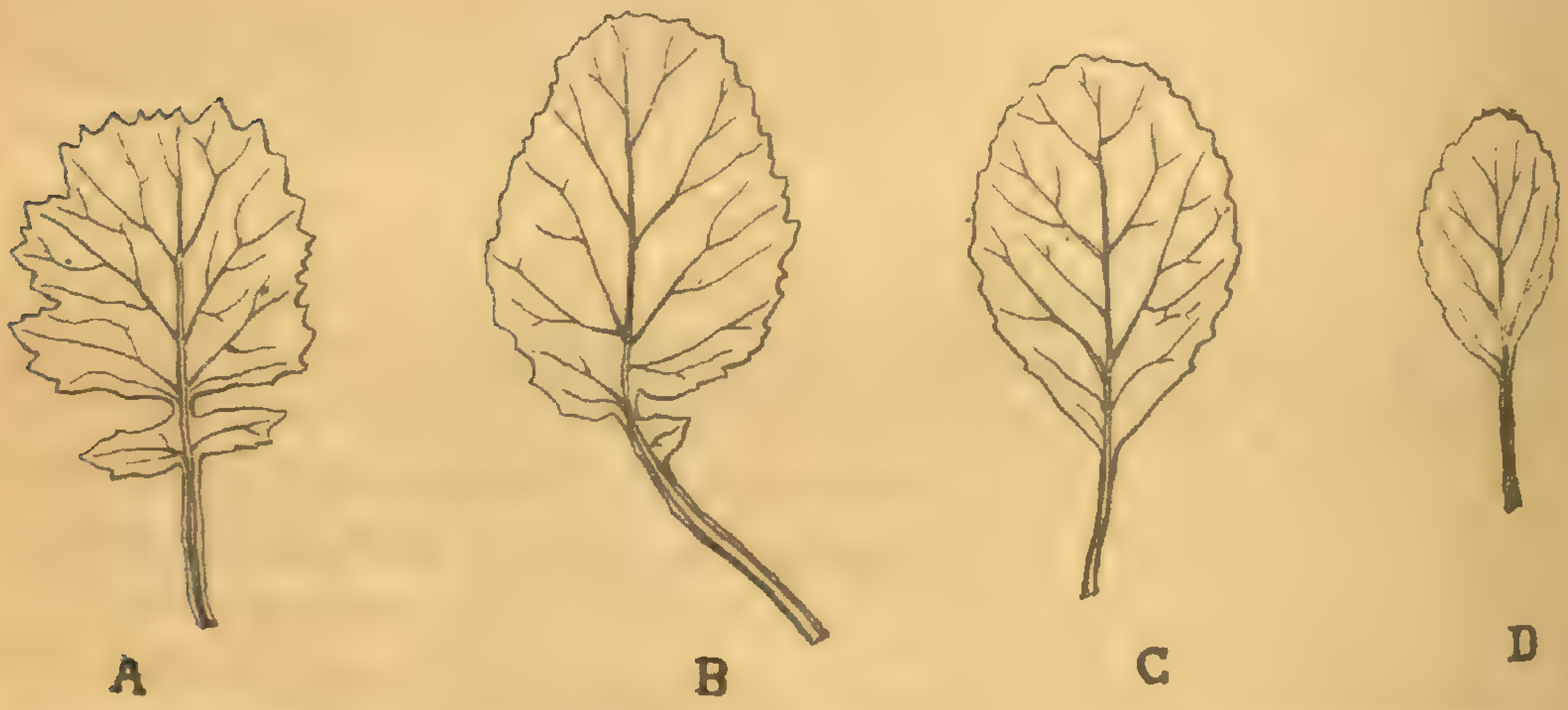


Fig. 6. — Feuilles de Radis développés en présence du milieu minéral seul (A) ou additionné de 2 °/₀ (B), 10 °/₀ (C) et 15 °/₀ (D) de glucose. (Gr. nat.).

Les radicelles sont beaucoup plus nombreuses et plus longues dans les milieux glucosés que dans la solution minérale.

Formation des tubercules. — Les Radis ne tubérisent jamais sur solution minérale stérilisée ; c'est du reste à une nutrition insuffisante qu'il faut rapporter cette absence de mise en réserves et non à ce que le milieu est aseptique ; des graines mises à se développer dans de la terre stérilisée ou non, à l'intérieur des mêmes tubes que précédemment et exposés à la même lumière, se sont dans les deux cas comportés de la même manière qu'en présence de la solution de Knop. Inversement, des graines mises à germer en pots dans de la terre ordinaire ont formé régulièrement des tubercules, que la terre et les graines aient été au préalable stérilisées ou non, lorsque ces cultures étaient exposées à la lumière directe ; les tubercules ne se constituent que si la plante contient une quantité suffisante de substances sucrées.

Lorsque l'aliment est fourni directement à la plante sous forme de glucose, la tubérisation se produit également, alors que la fonction chlorophyllienne est insuffisante pour produire ce résultat ; il est nécessaire que la dose de glucose atteigne 5 °/₀, dans les conditions extérieures où se trouvaient nos cultures, pour que l'axe hypocotylé et la partie supérieure de la racine principale forment un tubercule net ; pour préciser ce mot dans le cas du Radis, je dirai dans tout ce qui suit qu'il existe un tubercule quand les formations secondaires sont assez importantes pour déterminer l'éclatement de l'écorce suivant deux génératrices opposées et par suite la mise à nu du cylindre central dont les cellules périphériques prennent, lorsqu'elles sont exposées à l'air, la teinte rouge due à l'apparition d'anthocyane dans leur suc cellulaire.

J'ai observé d'une manière normale la formation de tubercules pour des concentrations variant de 5 à 15 °/₀ de glucose et cela que l'axe hypocotylé soit resté profondément inclus dans le milieu gélosé ou qu'au contraire il se soit développé dans l'air ; la seule différence qui existe d'un cas à l'autre consiste en ce que les tubercules aériens gardent une surface parfaitement lisse et bien rouge, qu'ils deviennent rugueux et présentent beaucoup moins ou plus du tout d'anthocyane lorsqu'ils se forment au contact du milieu nutritif. On doit rapporter l'aspect verruqueux à un développement irrégulier des cellules périphériques au contact direct de l'aliment fourni, et la formation faible ou nulle de pigment à la diminution d'oxygène se trouvant à la disposition des cellules ; un fait relatif aux radicelles démontre bien ce second point ; lorsque celles-ci se développent normalement dans la gélose elles restent parfaitement incolores ; certaines d'entre elles viennent-elles, à la suite d'un ensemencement défectueux, à ramper à la surface du milieu gélosé dans lequel elles ne peuvent pénétrer d'elles-mêmes, elles acquièrent une vive coloration rose semblable à celle des tubercules aériens.

Les tubercules obtenus sur milieux glucosés ont la même forme que ceux des cultures normales pour la variété ensemencée, c'est-à-dire qu'ils sont courts, presque aussi larges que longs ; leur taille, comme celle de tous les organes végétatifs de la plante, diminue à mesure que la concentration augmente ; en présence de 5 °/₀ de glucose ils sont de la grosseur de ceux qu'on obtient dans les cultures ordinaires (Pl. 8, fig. 2).

Dans les milieux contenant 15 °/₀ de glucose les cellules périphériques des tubercules inclus deviennent noires, vraisemblablement sous l'action déshydratante de la solution ; on obtient ainsi des tubercules ayant l'aspect de ceux que produisent normalement certaines variétés.

Mais il existe moins de régularité dans la formation des tubercules que dans les conditions ordinaires et j'ai pu reconnaître qu'un certain nombre de causes interviennent pour empêcher ou favoriser la tubérisation dans un milieu nutritif capable, de par sa composition, de la produire. J'ai pu tout d'abord constater une influence très nette de la saison ; les Radis mis en tubes à la fin de mars ont été plus longs à tubériser que ceux qui ont été ensemencés au mois de juin et souvent n'ont pas du tout formé de tubercules ; la rapidité du développement dans les premiers stades de la croissance exerce ainsi une action des plus nettes sur le sort ultérieur de la plante.

Même mis en place dans les tubes au mois de juin sur une solution glucosée de concentration suffisante, certains individus ne constituent pas de tubercules : parmi les causes qui peuvent agir l'une m'est apparue très importante ; elle consiste dans l'état de développement plus ou moins avancé que les plantes présentent lorsqu'elles sont transportées de l'ouate humide sur le milieu gélosé. La tubérisation se produit d'autant plus facilement que l'axe hypocotylé est mis en présence de la solution sucrée à un état moindre de développement ; si la plantule s'est étiolée trop longtemps en présence du premier milieu aqueux qui a déterminé sa germination, l'axe hypocotylé restera cylindrique pendant tout son développement ; il pourra s'épaissir, mais d'une manière régulière et sans que l'écorce subisse de desquamation.

Enfin, certains échantillons, correspondant à des cultures impures, se sont tubérisés d'une manière relativement précoce, mais, par contre, peu intense. Les impuretés, qui ont été assez rares dans mes cultures et qui provenaient d'une stérilisation imparfaite de la graine, des transports successifs de la plantule ou enfin du coton qui fermait le tube, étaient, soit des bactéries variées, soit des levûres, ou encore des Mucédinées banales, telles que des *Dematium*, *Penicillium*, *Cladosporium* ou, enfin, des *Mucor*. Surtout en présence des bactéries, des levûres et des *Penicillium*, qui formaient un revêtement continu à la surface de la gélose, on voyait l'axe hypocotylé se renfler à sa partie inférieure et souvent se fendre en même temps que les racines étaient détruites ; le début de tubérisation auquel on assiste dans ces conditions peut s'expliquer aisément par la simple comparaison avec l'expérience classique dans laquelle on provoque des bourrelets cicatriciels par une décortication annulaire ; il y a accumulation de matériaux nutritifs dans la partie inférieure de l'axe hypocotylé par suite de la destruction de l'appareil radiculaire, comme il se produit un arrêt de ces matériaux dans les tissus qui se trouvent au-dessus de l'anneau d'écorce enlevé. Les individus auxquels je fais allusion n'étaient, du reste, pas destinés à un développement aussi long que ceux qui restaient stériles et leurs tubercules ne devenaient jamais bien gros.

N. Bernard (**3**) objecte à mes expériences relatives aux milieux glucosés « que dans les conditions actuelles de vie les plantes à tubercules ne se développent pas dans des solutions de glucose et qu'il reste à trouver dans chaque cas la *condition naturelle* qui provoque la rupture d'équilibre dont la tubérisation est une conséquence ». Je n'ai jamais eu l'idée de prétendre que les milieux glucosés constituaient un substratum naturel pour le Radis, pas plus que Bernard (**2**) n'a prétendu, lorsqu'il a repris les expériences de E. Laurent (**26**), que les tubercules de Pomme de terre se formaient dans la nature à partir des tiges coupées et placées sur diverses solutions.

Ce que mes expériences montrent pour le Radis, ainsi que celles de E. Laurent pour la Pomme de terre, c'est que la présence d'un microorganisme ne constitue pas une condition *nécessaire* à la production des tubercules chez les plantes considérées ; si on songe d'autre part que le glucose fourni artificiellement à la plante provoque chez celle-ci, comme la suite le montrera, les mêmes modifications morphologiques que le sucre provenant de l'assimilation chlorophyllienne, il n'est pas absurde de penser que ces deux sources de sucre agissent absolument de la même manière en ce qui concerne la formation des tubercules ; les expériences que j'ai faites postérieurement aux notes (**42** et **43**) auxquelles Bernard fait allusion, et qui ont consisté en cultures sur terre stérilisée, m'ont d'ailleurs démontré depuis le bien fondé de cette manière de voir ; il était d'autant plus raisonnable d'admettre que, dans les conditions naturelles, la concentration du suc cellulaire amenée par les phénomènes de photosynthèse est suffisante pour expliquer l'existence de tubercules chez le Radis, qu'on ne trouve pas trace de mycorhizes dans l'appareil souterrain de cette plante ; Stahl (**52**) a montré que c'était là un fait général pour les plantes appartenant à la famille des Crucifères.

Ai-je besoin d'ajouter que tout ceci ne s'applique qu'à l'objet de mes expériences, le Radis, et n'infirme en rien le rôle possible des parasites dans la production des tubercules chez d'autres végétaux.

Formation des fleurs. — Au bout d'un temps plus ou moins long, deux ou trois mois, suivant que les semis ont été effectués plus ou moins tôt, la tige des plantes cultivées en tubes se met à allonger ses entrenœuds ; cet axe florifère se constitue le plus rapidement et atteint sa plus grande longueur (20^{cm}) dans la solution contenant 5 °/₀ de glucose ; il se forme plus tardivement avec 2 °/₀ de glucose ; dans un cas comme dans l'autre on peut voir apparaître des bourgeons floraux, mais ceux-ci n'aboutissent pas à l'éclosion des fleurs; ils se dessèchent sans prendre un grand développement.

Lorsque la dose de glucose atteint 10 °/₀ on voit se former une tige plus courte, mais plus épaisse, et très souvent les fleurs s'épanouissent, les ovules sont fécondés et aboutissent au développement de graines bien constituées; la concentration du glucose arrive-t-elle à être égale à 15 °/₀, la tige conserve tous ses entrenœuds courts et on ne voit pas se former de fleurs. Comme pour l'appareil végétatif, il y a donc une concentration optima (10 °/₀ de glucose) en ce qui concerne la production des organes reproducteurs; mes expériences viennent confirmer à cet égard l'hypothèse émise par O. Loew (**34**) et H. Fischer (**21**) au sujet de l'importance de la teneur de la sève en substances sucrées sur la formation des fleurs. Ces faits permettent de grouper toute une série d'observations relatives à la production des appareils floraux et dont je ne rapporterai ici que quelques exemples.

On sait que certains tubercules peuvent former des fleurs à l'obscurité, ce qui ne s'observe jamais chez les plantes dépourvues de réserves. Dans les conditions ordinaires de végétation des plantes vertes annuelles, le moment où se produisent les fleurs se trouve coïncider avec un maximum de l'assimilation. Toutes les actions qui augmentent l'assimilation favorisent aussi la production des fleurs: telle est la chaleur. Cependant, sous les tropiques, l'action d'une température élevée peut être annihilée par une humidité excessive; ainsi s'explique le fait que l'Olivier, plante de la zone tempérée, n'arrive pas à fleurir dans les régions tropicales humides: l'eau empêche la sève d'atteindre la concentration nécessaire à la formation des fleurs. C'est encore pour la même raison que, dans les régions caractérisées par une alternance de saisons pluvieuses et sèches, les végétaux développent leurs feuilles pendant les périodes humides, leurs fleurs en saison sèche. De la même manière s'expliquent les floraisons abondantes succédant pour les arbres fruitiers aux années dans lesquelles les fruits ne sont pas parvenus à maturité; une partie des réserves sucrées sont restées en réserve dans l'écorce; ce fait est constant pour le Cerisier au Japon; les cerises n'arrivent pas à mûrir, par contre, les fleurs y sont très nombreuses. Enfin Klebs (**25**) en cultivant, par exemple, des plants de *Sedum spectabile*, en lumières rouge ou bleue, a montré que c'est la lumière rouge qui est la plus favorable à la formation des fleurs; c'est aussi celle qui permet une plus grande assimilation et le développement général le meilleur.

Poids secs. — L'action bienfaisante exercée par le glucose sur les cultures de Radis se traduit par une notable augmentation de la matière sèche; quelques nombres permettront d'en juger facilement, par comparaison avec ceux que nous avons obtenus pour des plantes cultivées sur la solution exclusivement minérale. Voici, par exemple, les poids secs d'une série de plantes cultivées pendant le même temps, 3 mois, sur la solution de Knop ou sur des milieux plus ou moins glucosés :

MILIEUX DE CULTURE	POIDS SEC (mgr.)	RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS
Solution de Knop	50	0,056
2 °/₀ de glucose	105	0,089
5 °/₀ »	177	0,110
10 °/₀ » . . .	220	0,132
15 °/₀ »	128	0,167

Comme pour la formation des fleurs, la solution à 10 °/₀ de glucose est donc voisine de la solution optima, en ce qui concerne le rendement en matière sèche. De plus, au fur et à mesure que la concentration du glucose augmente, le rapport du poids sec au poids frais devient plus considérable.

Echanges gazeux. — La teinte plus verte qu'acquièrent les feuilles, lorsque la plante est en présence de glucose, donne à penser que l'assimilation chlorophyllienne est augmentée du fait de ces conditions de culture et il est intéressant de faire le départ entre l'assimilation du carbone de l'air et l'utilisation directe du glucose absorbé par les racines; aussi ai-je fait un assez grand nombre de mesures des échanges gazeux respiratoires et chlorophylliens pour des échantillons de même âge, cultivés côte à côte sur le milieu témoin et sur des solutions à 5 °/₀ ou 10 °/₀ de glucose; les résultats ont toujours été concordants et je me contenterai de consigner ici les nombres qui se rapportent à l'une des expériences.

La partie aérienne des plantes était pesée, puis mise en entier à respirer dans un tube contenant au début un volume connu d'air normal et placé à l'obscurité; au bout de quelques heures on faisait l'analyse de l'atmosphère, puis on remplaçait celle-ci par un mélange de composition connue d'air et de gaz carbonique (environ 8 % de gaz carbonique) et on exposait le tube à la lumière solaire diffuse pendant quelques heures; après une nouvelle analyse on prenait les contours des feuilles de la plante en expérience sur un papier dont on déterminait le poids de l'unité de surface; en découpant ensuite ces contours et en pesant le papier correspondant on évaluait aisément la surface foliaire de la plante; celle-ci était enfin mise à dessécher. On pouvait ainsi rapporter l'intensité des échanges gazeux de la plante entière à l'unité de surface ou à l'unité de matière fraîche ou sèche.

Les résultats ont été les suivants pour des plantes de deux mois :

I. ÉCHANGES RESPIRATOIRES (A L'OBSCURITÉ)

	PLANTE CULTIVÉE DANS LA SOLUTION		
	MINÉRALE	à 5 0/0 DE GLUCOSE	à 10 0/0 DE GLUCOSE
Poids frais (mgr.)	635	394	263
Poids sec (mgr.)	32	38	38
Rapport du poids sec au poids frais	0,050	0,096	0,144
Surface foliaire (cm^2)	13,2	11,9	8,5
CO^2 dégagé par heure par la plante entière (mm^3)	37	67	71
CO^2 dégagé par heure et cm^2 (mm^3)	2,8	5,6	8,2
CO^2 dégagé par heure et 1 gr. de poids frais (mm^3)	58	170	203
CO^2 dégagé par heure et 1 mgr. de poids sec (mm^3)	1,16	1,76	1,78

Ce tableau montre que les échanges respiratoires augmentent lorsque la plante se trouve en présence de glucose et cela qu'on rapporte ces échanges à la plante entière, à l'unité de surface foliaire, au poids frais ou encore au poids sec.

II. ÉCHANGES GAZEUX A LA LUMIÈRE

	PLANTE CULTIVÉE DANS LA SOLUTION		
	MINÉRALE	à 5 0/0 DE GLUCOSE	à 10 0/0 DE GLUCOSE
Poids frais (mgr.)	569	545	300
Poids sec (mgr.)	32	54	56
Rapport du poids sec au poids frais	0,056	0,099	0,186
Surface foliaire (cm^2)	14,2	15,9	8,5
CO^2 absorbé par heure par la plante entière (mm^3)	610	720	1050
CO^2 absorbé par heure et 1 cm^2 (mm^3)	42	45	120
CO^2 absorbé par heure et 1 gr. de poids frais (mm^3)	1070	1320	1230
CO^2 absorbé par heure et 1 mgr. de poids sec (mm^3)	1,9	1,3	1,9

Il résulte de ces nombres que l'assimilation augmente régulièrement pour les plantes entières avec la dose de glucose, qu'elle croît également quand on la rapporte à l'unité de surface, mais qu'elle n'est guère modifiée quand on l'envisage par rapport à l'unité de matière sèche.

Cette plus grande aptitude des plantes développées en solutions glucosées à décomposer le gaz carbonique permet d'expliquer, en partie du moins, l'augmentation du poids sec que nous avons constatée pour ces mêmes plantes ; il devient même nécessaire de se demander si elle n'intervient pas presque uniquement pour la provoquer. Mais, avant d'exposer les recherches qui décideront de la question, étudions les modifications que subissent dans leur structure anatomique les plantes développées sur les solutions glucosées.

6. *Caractères anatomiques.* — Les variations que subissent la feuille et la tige dans leur structure, lorsqu'on fournit au Radis des doses croissantes de glucose, sont d'autant plus intenses que la concentration est elle-même plus grande ; pour éviter des redites inutiles nous envisagerons tout d'abord la structure de la feuille et de la tige des individus mis en présence de 15 °/₀ de glucose ;

les structures correspondant à des doses plus faibles seront régulièrement intermédiaires entre celle-ci et la structure des mêmes organes considérés chez des plantes développées en solution minérale.

Feuille. — Avec 15 °/o de glucose on observe entre les deux

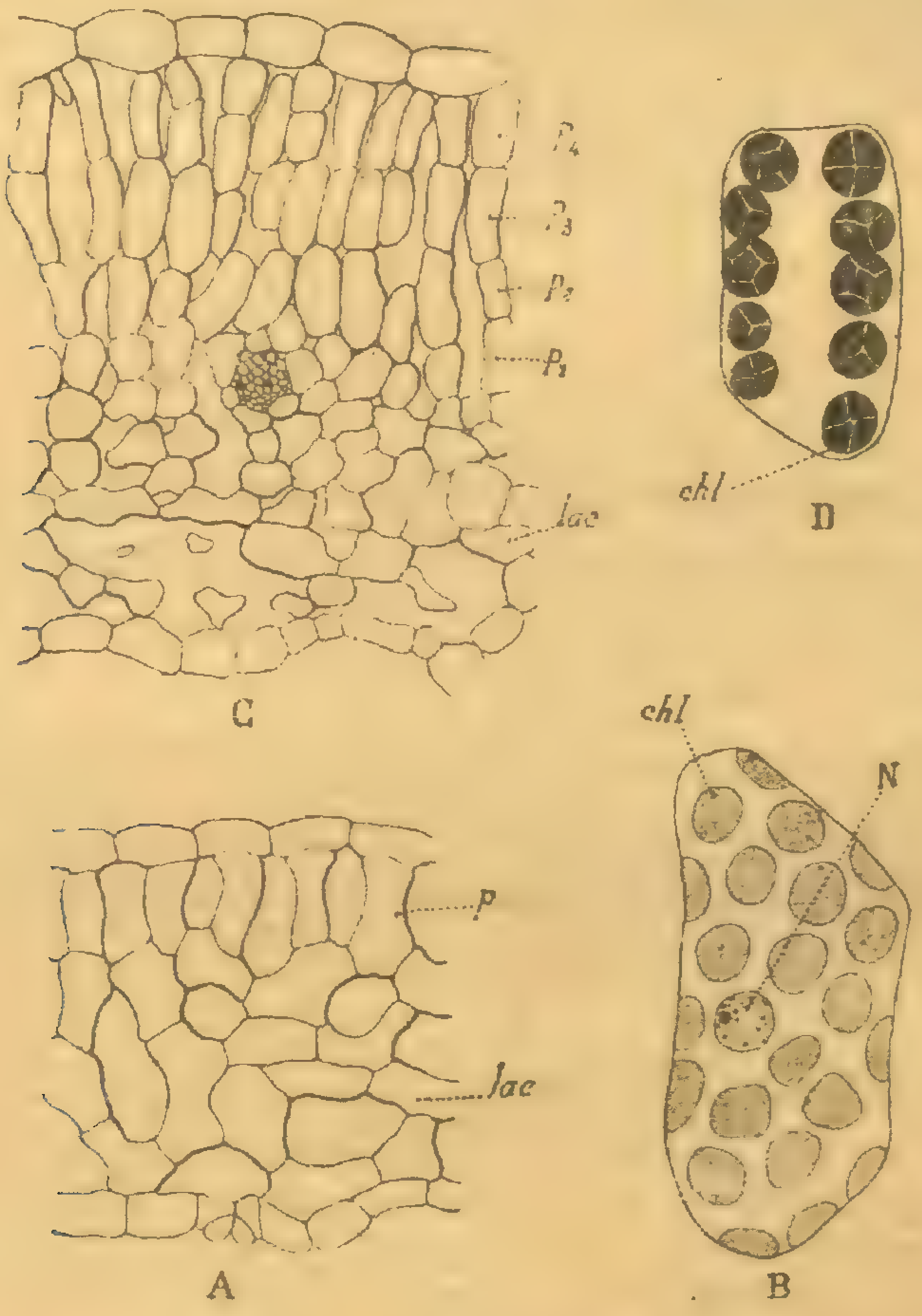


Fig. 7. — A et C, coupes transversales de limbes de Radis développés en milieu minéral (A) et en présence de 15 °/o de glucose (C). (Gr. = 140). — B et D, cellules palissadiques correspondantes au milieu minéral (B) et à la solution contenant 15 °/o de glucose (D). (Gr. = 600). *p*, p_1, p_2, p_3, p_4, assises palissadiques ; *lac*, tissu lacuneux ; *N*, noyau ; *chl*, chloroleucites.

épidermes de la feuille (C, fig. 7) un tissu palissadique formé en moyenne par 4 assises de cellules plus étroites que celles qui constituent l'unique assise palissadique des feuilles témoins; ce tissu contient, d'autre part, des lacunes beaucoup moins développées. Le tissu lacuneux présente environ 6 assises formées de cellules à dimensions réduites ; toutes les cellules de ce parenchyme vert possèdent un noyau plus gros et dont les amas nodaux ont augmenté de taille; les chloroleucites sont beaucoup plus nombreux, mais plus petits.

Enfin, le caractère différentiel le plus frappant consiste en ce que les leucites verts sont occupés presque entièrement par 2-5 grains d'amidon qui se pressent les uns contre les autres; cela est surtout vrai pour le tissu lacuneux où l'amidon est très abondant; le tissu palissadique n'en contient le plus souvent que dans son assise inférieure; ce dernier tissu paraît donc jouer plus difficilement que le tissu lacuneux le rôle de tissu de réserve et peut-être faut-il rapporter ce fait à ce que la lumière est plus faible dans le parenchyme qui se trouve du côté de la face inférieure de la feuille.

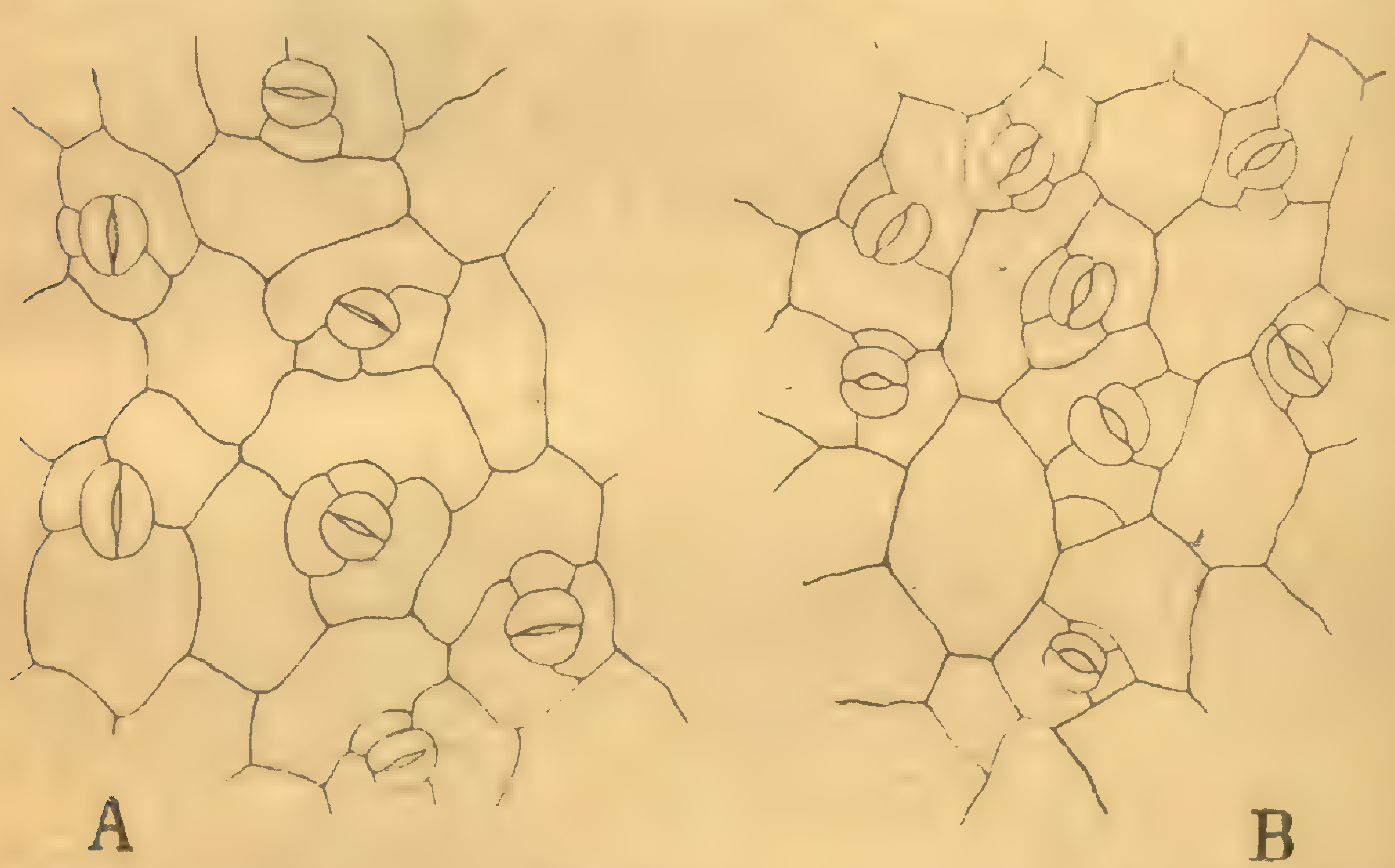


Fig. 8. — Épiderme supérieur d'une feuille de Radis développé en milieu minéral (A) et d'une feuille de Radis développé en présence de 15 °/₀ de glucose (B). (Gr. = 250).

Les cellules épidermiques vues de face (B, fig. 8) apparaissent plus petites et à contour moins sinueux; c'est un caractère de plantes xérophiles qu'acquiert le Radis en présence du glucose: les stomates ont une ostiole plus largement ouverte (nous les avons examinées, dans les deux feuilles comparées, après fixation de celles-ci par l'alcool acétique). Je n'insisterai pas sur les caractères que prennent, en présence du glucose, les tissus conducteurs des nervures du limbe et du pétiole; ils sont de même ordre que ceux que nous décrirons pour ces tissus dans la tige.

Le développement du tissu palissadique commence à s'accentuer avec 2 °/ₒ de glucose ; on observe alors une division transversale dans l'assise primitivement unique. Avec 5 °/ₒ de glucose, on compte en moyenne trois assises palissadiques dont les lacunes ont diminué d'importance et cinq assises constituant le tissu lacuneux, qui, lui aussi, devient plus compact ; la dose de glucose devient-elle égale à 10 °/ₒ, on compte trois ou quatre assises palissadiques et cinq assises lacuneuses ; ce n'est que pour cette concentration que l'amidon apparaît dans le parenchyme inférieur de la feuille. Par l'observation de ces transformations graduées, il est aisé de se rendre compte que les différentes assises du tissu palissadique dérivent de divisions d'une assise unique ; on assiste, en effet, à ces divisions successives et, de plus, on peut facilement constater que l'assise palissadique inférieure se trouve toujours occuper le même emplacement par rapport aux petites nervures du limbe.

Il est utile de rappeler ici que, pour chaque teneur en glucose, les modifications que je rapporte étaient d'autant plus accentuées que le coton fermant le tube se trouvait être serré plus énergiquement ; ce fait s'expliquera par la suite, et les descriptions se rapportent en ce moment à des tubes dont le coton était peu comprimé. La même remarque s'applique à la quantité d'amidon qui apparaît dans les feuilles.

Si on étudie la structure des feuilles appartenant à des plantes qui se sont développées dans des conditions normales de culture, on observe un tissu palissadique comprenant deux ou trois assises à grandes lacunes et un tissu lacuneux formé par cinq assises : ce n'est que lorsque le sol devient très sec qu'on peut reconnaître une légère coloration bleue des chloroleucites du tissu lacuneux, consécutive à l'action de l'iode ; elle fait complètement défaut dans les conditions ordinaires et l'amidon n'apparaît, dans aucun cas, dans le pétiole. On voit donc que la structure de la feuille du Radis cultivé en terre, à l'air libre et à la lumière directe se rapproche beaucoup de celle que nous observons dans nos cultures en présence de 5 °/ₒ de glucose ; c'est une concentration en sucre voisine de celle-ci, qui doit être réalisée dans les cultures normales par l'assimilation chlorophyllienne.

Le pétiole lui aussi possède d'autant plus de chloroleucites que la concentration de la solution en glucose est plus considérable ;

l'amidon s'y constitue aussi à partir d'une dose de 10 °/₀ et, comme pour les grosses nervures du limbe, on voit de gros grains d'amidon composés se former autour des faisceaux ; avec 15 °/₀ de glucose ces grains sont beaucoup plus gros que ceux que nous venons de décrire pour le parenchyme lacuneux et comprennent des grains élémentaires plus nombreux.

Comme pour le limbe, la cuticule s'épaissit ; les cellules épidermiques, dans leur région interne, et les cellules sous-épidermiques deviennent fortement collenchymateuses ; le parenchyme des faisceaux prend également des parois très épaisses.

Les résultats qui sont fournis par nos expériences, relativement à la forme et à la structure de la feuille dans leurs rapports avec la quantité de glucose qui est mise à sa disposition, permettent d'expliquer certains faits d'anatomie normale, par exemple la structure des feuilles qui se développent sur des tiges de rejet. Dans une étude sur les bourgeons radicaux, Dubard (**19**) est amené à distinguer les rejets accidentels, n'évoluant complètement que d'une manière assez rare, et les rejets normaux ; dans les premiers les feuilles présentent un tissu palissadique moins développé que dans les feuilles normales ; c'est l'inverse qui a lieu dans le second cas ; il est manifeste que cela tient à un apport peu considérable de substances nutritives lorsqu'on a affaire à des rejets accidentels, à un afflux important de ces matières quand les rejets évoluent d'une manière rapide et complète.

La structure des feuilles de remplacement étudiée par Boirivant (**6**) s'éclaire également à la lumière des faits que nous venons de signaler et c'est à des modifications apportées dans la nutrition des organes qu'il est logique de rapporter d'une manière générale toutes les anomalies consécutives à des traumatismes [voir à ce sujet le récent travail de Blaringhem (**1**)].

Axe hypocotylé. — Pour nous faire une idée des modifications que subit la tige dans sa structure, adressons-nous tout d'abord à l'un de ces individus qui, développés dans une solution à 15 °/₀ de glucose, ont épaissi leur axe hypocotylé d'une manière régulière, sans desquamation de l'écorce, c'est-à-dire sans avoir constitué de véritable tubercule.

Cet axe, qui est très résistant à la pression, est, pour le même temps de développement que le témoin, un peu plus épais (B, fig. 9), mais c'est surtout le cylindre central qui s'est fortement accru grâce à la constitution d'importantes formations secondaires. La moelle est très-fortement collenchymateuse *coll* (fig. 10), les vaisseaux du bois primaire b_1 forment un ensemble condensé, le métaxylème *mtx* et le bois secondaire b_2 comprennent des vaisseaux à parois plus épaisses, mais à lumière plus étroite (comparer à la figure 3); il s'établit du sclérenchyme *scl* dans la partie interne du bois secondaire. Le liber secondaire est très développé, comme nombre des cellules et comme intensité des cloisonnements de chacune d'elles, en dehors de l'assise génératrice. On trouve, de place en place, des cellules criblées (*l*, fig. 10) dans le parenchyme secondaire qui se constitue en-dedans de l'assise génératrice, mais elles sont beaucoup moins nombreuses que lorsqu'il se produit un tubercule; nous n'en avons pas observé dans l'axe hypocotylé correspondant à la solution minérale.

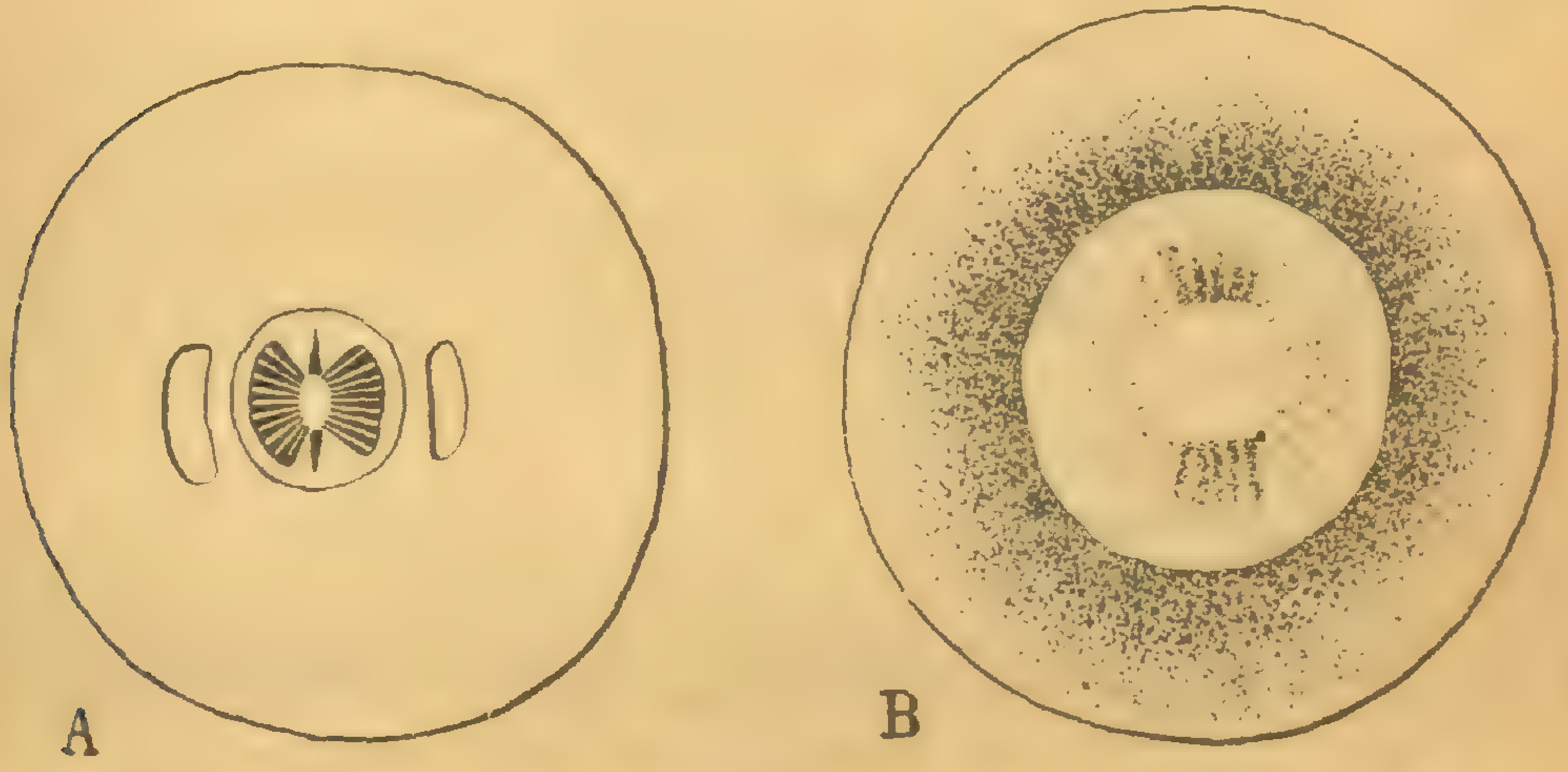


Fig. 9. — Coupes transversales schématiques de l'axe hypocotylé du Radis développé en milieu minéral (A) et en présence de 15 °/ₒ de glucose (B). Les zones pointillées de la seconde figure correspondent au parenchyme amylacé. (Gr. = 20).

La figure schématique 9 (B) montre la distribution des grains d'amidon composés qui se retrouvent dans l'axe considéré; ils sont surtout nombreux dans l'écorce où ils vont en augmentant en nombre et en taille à mesure qu'on se rapproche du cylindre central; dans ce dernier ils apparaissent en lignes radiales correspondant aux rayons médullaires et prennent un peu plus d'importance dans les deux régions diamétralement opposées qui correspondent aux faisceaux ligneux primaires.

Tubercules. — Ce sont des variations de même nature qu'on rencontre pour les tubercules ; ici nous serons obligés, puisque les Radis ne tubérisent pas dans nos expériences en solution minérale, de prendre comme point de comparaison des tubercules qui se constituent dans des cultures normales en terre, à l'air libre et à une lumière suffisante.

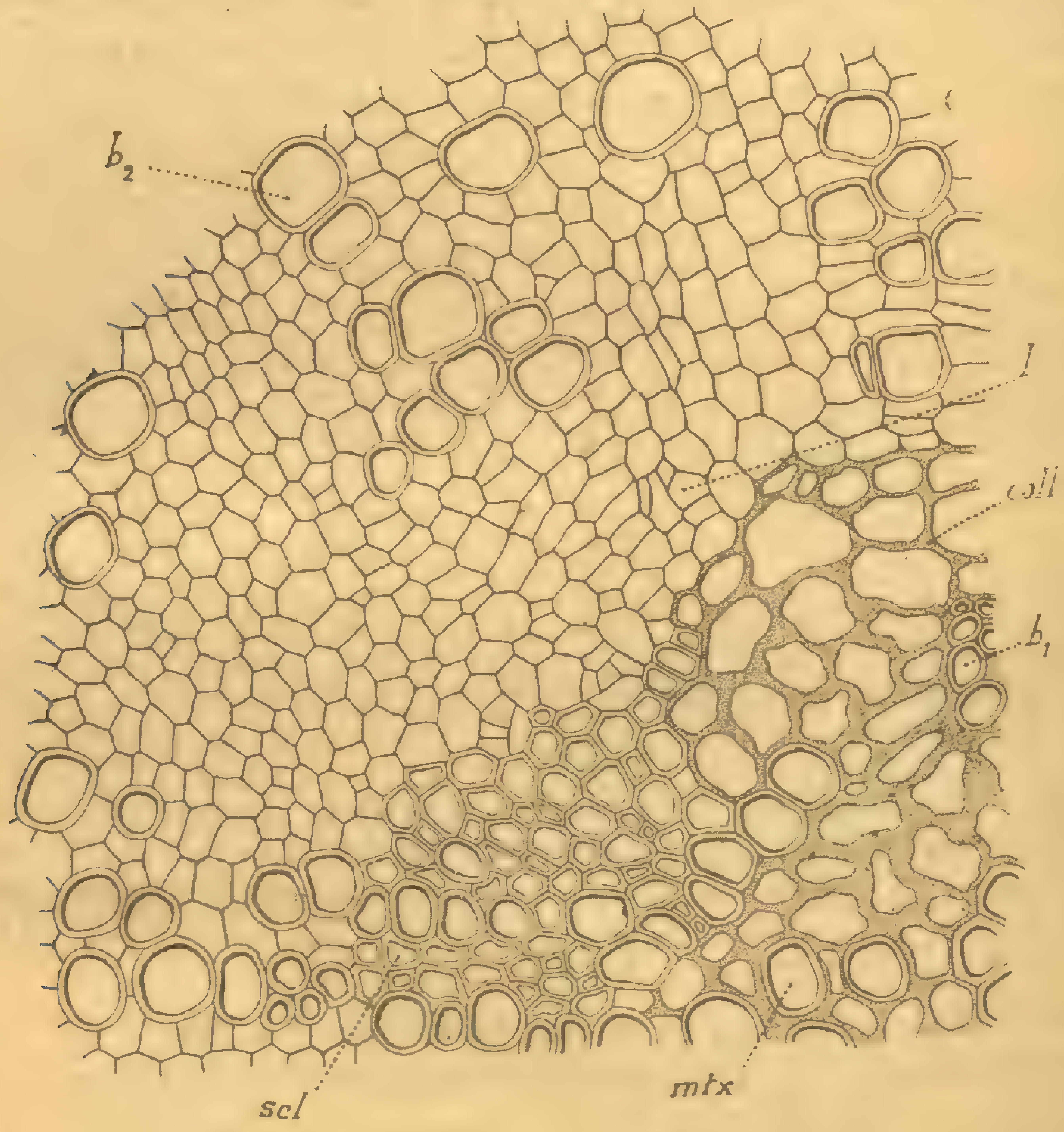


Fig. 10. — Coupe transversale de l'axe hypocotylé d'un Radis développé en solution contenant 15 $^0/_0$ de glucose. b_1, bois primaire ; *mtx*, métaxylème ; b_2, bois secondaire ; *l*, liber intraligneux ; *coll*, collenchyme ; *scl*, sclérenchyme. (Comparer à la figure 3 qui correspond à une plante du même âge développée sur solution minérale). (Gr. = 275).

Les tubercules du Radis sont formés par le cylindre central qui, s'épaississant beaucoup par suite des formations secondaires, détermine l'éclatement de l'écorce qui subsiste encore sous forme de deux lanières se trouvant dans la continuation des cotylédons. Les tissus qui dérivent du fonctionnement de l'assise génératrice sont décrits dans les traités classiques comme étant formés en dehors de cette assise par du liber secondaire, en dedans par du bois très parenchymateux ; en réalité, ainsi que l'a montré Weiss (**59**), s'il se constitue bien uniquement du tissu libérien en dehors de l'assise génératrice, le parenchyme interne donne naissance, de place en place, à des îlots conducteurs qui comprennent des éléments ligneux et des éléments libériens ; il se forme des faisceaux libéro-ligneux tertiaires ; la disposition relative des deux sortes de cellules conductrices est assez variable et d'autre part une catégorie peut, pour un cordon donné, exister à l'exclusion de l'autre.

La fig. 1 de la Planche 13 représente la coupe d'un tubercule normal de Radis ; on y voit la disposition générale des éléments ligneux qui sont épars ; dans la figure 11 on a représenté une petite portion du parenchyme secondaire interne où se trouvent deux plages ligneuses et une plage libérienne. On ne trouve trace d'amidon dans aucune région de tels tubercules ; les réserves y sont constituées par des sucres solubles dans le suc cellulaire.

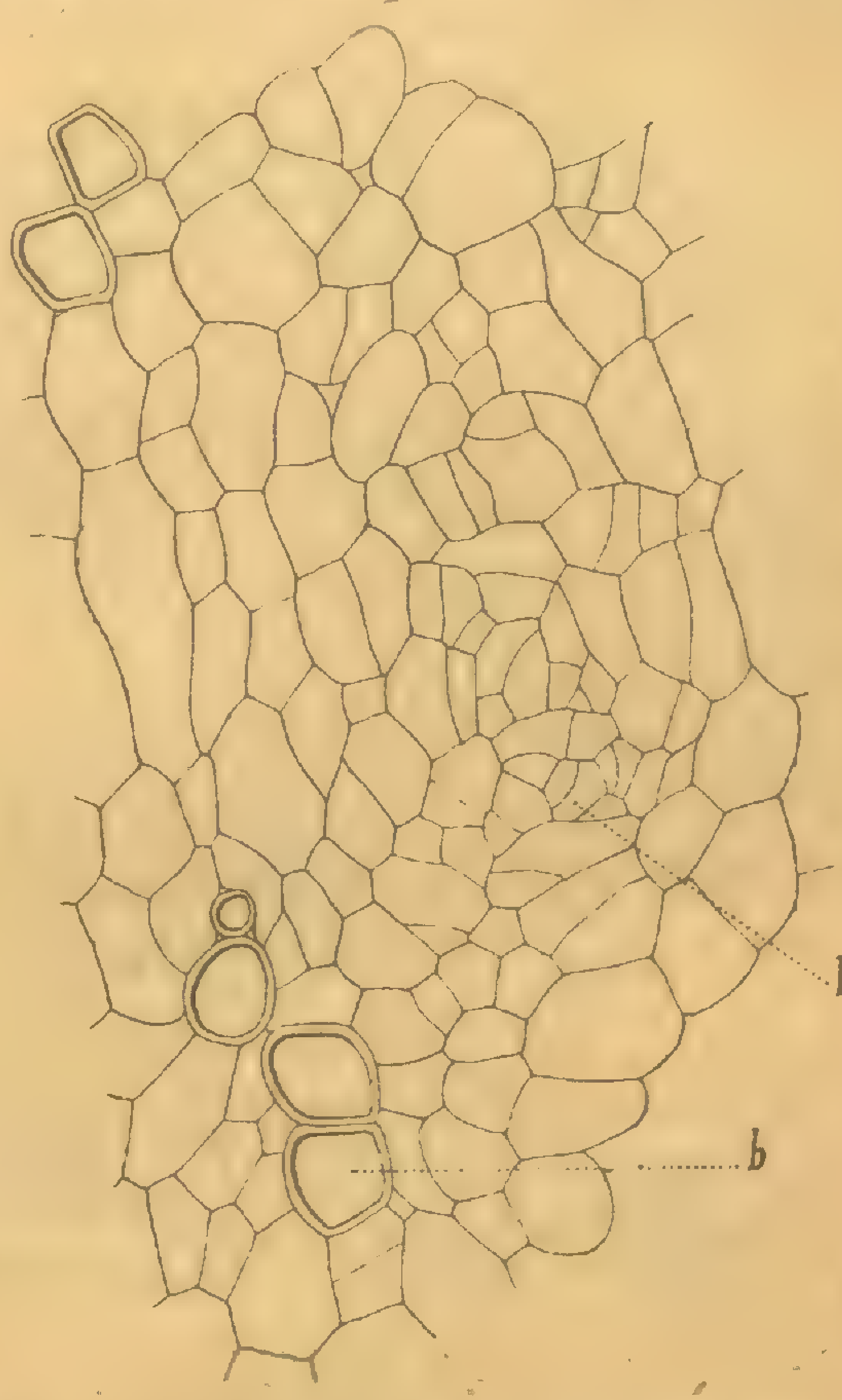


Fig. 11. — Parenchyme ligneux secondaire d'un tubercule de Radis obtenu en culture normale. *b*, vaisseaux ligneux ; *l*, liber intraligneux. (Gr. = 275).

Les tubercules qui se constituent en présence de solutions à 10 °/₀ de glucose offrent (Pl. 13, fig. 2) une région extérieure à l'assise génératrice relativement beaucoup plus épaisse ; cela tient à un développement plus grand du péricycle et du tissu secondaire libérien ; quant aux formations secondaires internes, elles sont caractérisées, comme précédemment, par une épaisseur plus grande des parois du parenchyme et des vaisseaux ligneux ; le liber y apparaît comme plus abondant et constitué par des cellules à cloisonnements plus nombreux (fig. 12). On reconnaît beaucoup mieux la disposition radiale des cellules et, fait essentiel, l'amidon abonde dans tout le parenchyme secondaire interne et externe ; cet amidon apparaît en noir dans la figure 2 de la Pl. 13, la coupe correspondante ayant été traitée par une solution iodée ; il devient moins abondant, mais existe aussi, dans le tissu péricyclique. Sous l'action du glucose à 10 °/₀ nous assistons donc à une mise en réserve des sucres dans le tubercule sous forme d'amidon, comme nous avons vu se produire de l'amidon dans les leucites verts de la feuille et du pétiole.

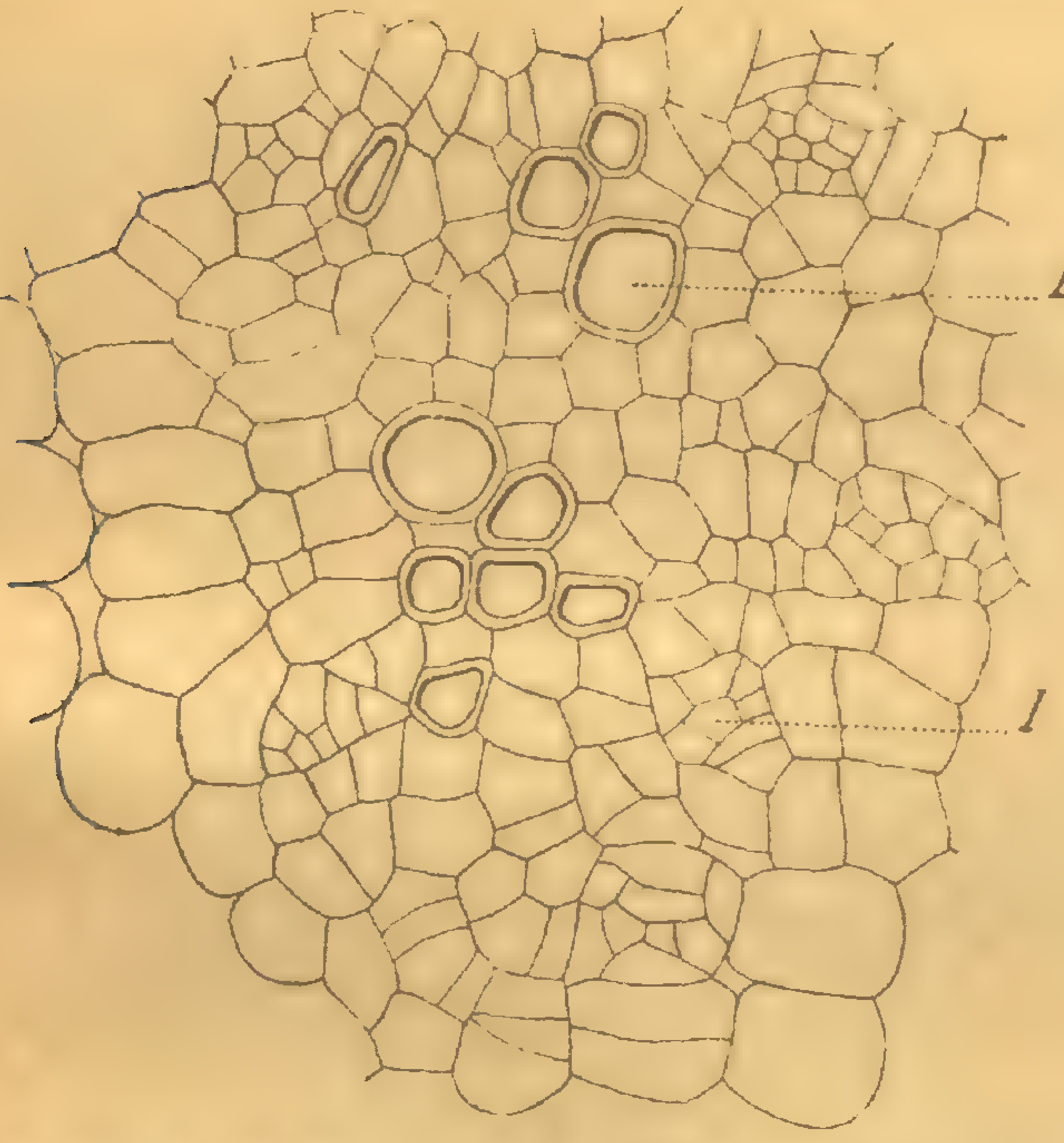


Fig. 12. — Parenchyme ligneux d'un tubercule de Radis obtenu dans une solution glucosée à 10 °/₀. *b*, vaisseaux ligneux ; *l*, liber intraligneux. (Gr. = 275).

Cette polymérisation plus intense des matières sucrées se retrouve avec plus d'intensité lorsque la concentration en glucose atteint 15 °/₀, concentration pour laquelle tous les tissus parenchymateux de la plante deviennent un lieu de formation d'amidon. Pour 5 °/₀ de glucose les tubercules prennent au contraire les mêmes caractères que dans les conditions ordinaires de développement ; l'amidon en particulier fait défaut.

La modification que nous venons d'observer relativement à la nature des réserves sucrées dans le tubercule du Radis est comparable à ce qui se produit chez certaines Betteraves et, en sens inverse, vraisemblablement par suite de variations dans la concentration du suc cellulaire, dans certaines variétés de Maïs dites Maïs sucrés ; elle est également à rapprocher de ce qui se passe dans les tubercules de Pomme de terre sous l'action d'une trop grande humidité du sol ; on sait en effet que, dans ces conditions, une partie des sucres ne se polymérise pas pour se transformer en amidon.

Je n'insisterai pas sur les caractères que prend l'axe florifère, suivant que les Radis se développent sur des solutions contenant des quantités croissantes de glucose ; ils ne présentent rien qui ne cadre avec ce que nous avons observé jusqu'ici ; on peut les résumer en quelques mots : accentuation du collenchyme dans l'écorce, du sclérenchyme en face des faisceaux libéro-ligneux, diminution du calibre des vaisseaux du bois, développement progressif de l'amidon.

Les fleurs ne présentent dans leur anatomie aucune différence sensible par rapport aux fleurs qui se développent dans les conditions normales ; il semble qu'elles n'apparaissent que lorsqu'un milieu bien défini, favorable à leur évolution, s'est constitué dans le bourgeon terminal ; on comprend alors qu'il n'existe aucune raison pour qu'elles subissent des variations semblables à celles que nous avons observées dans l'appareil végétatif.

Cultures en terre. — Toutes les modifications physiologiques et morphologiques que nous venons de passer en revue se sont retrouvées pour les plantes cultivées en terre arrosée avec une solution de glucose, et j'ai pu établir en même temps leur généralisation pour plusieurs autres especes végétales, telles que le Navet (*Brassica Napus* L.), le Bleuet (*Centaurea Cyanus* L.), la Julienne de Mahon (*Malcolmia maritima* R. Br.), la Betterave (*Beta maritima* L.). Avec le Navet, j'ai pu faire des analyses acidimétriques du suc cellulaire ; celui-ci est, en moyenne, deux fois plus acide pour les tissus foliaires des plantes arrosées avec de l'eau glucosée.

Pour le Bleuet et la Julienne de Mahon, j'ai observé une apparition précoce des fleurs dans les lots à glucose ; le fait est surtout très frappant pour la seconde espèce, qui arrive ainsi à fleurir alors que la tige n'a acquis qu'une taille de 1 à 2^{cm} et ne compte que deux ou trois petites feuilles ; on réalise ainsi par des arrosages au glucose ce qui se passe dans la nature pour des plantes qui restent très petites à cause de la sécheresse, qui fleurissent également à l'état nain et dont Gauchery (**23**) a étudié les caractères anatomiques ; telles sont diverses espèces de *Papaver*, le *Lychnis Githago*, le *Matricaria inodora*, etc. Dans tous ces cas la concentration en sucres nécessaire à la formation des fleurs se trouve réalisée de très bonne heure ; seul, le mécanisme qui la détermine est différent.

On peut dans ces cultures obtenir des tubercules de Navet et de Radis avec réserve d'amidon, surtout abondant autour des faisceaux libéro-ligneux tertiaires. J'ai pu d'ailleurs observer quelques grains d'amidon, mais qui restaient très petits, dans le péricycle de tubercules développés, sans arrosage au glucose, dans de la terre très sèche. Par contre, je n'ai pas réussi à provoquer la formation d'amidon dans les tubercules de Betterave et cependant, dans les lots les plus fortement arrosés de glucose, les chloroleucites des feuilles ont acquis un noyau central se colorant nettement en bleu par l'iode et n'apparaissant pas dans les conditions normales.

Le poids sec est toujours augmenté par rapport au poids frais dans les lots glucosés ; voici quelques chiffres qui le montrent suffisamment :

			Poids frais	Poids sec	Rapport du poids sec au poids frais
Navet.	Feuilles	sans glucose.	1955	198	0.101
		avec glucose.	645	100	0.155
Radis...	Feuilles	sans glucose.	1001	100	0.100
		avec glucose.	993	155	0.156
	Plantes entières.	sans glucose.	4770	327	0.068
		avec glucose.	2650	232	0.087
	Tubercules ..	sans glucose.	975	65	0.066
		avec glucose.	672	77	0.115

Cultures en milieux liquides. — D'autres séries de cultures aseptiques du Radis ont été faites sans addition de gélose au milieu nutritif : la tige était alors maintenue en dehors du liquide, grâce à des flotteurs de liège ; qu'il me suffise de dire que les résultats ont concordé de tout point avec ceux qui ont été obtenus avec les milieux gélosés dont l'emploi est beaucoup plus commode; il en a été de même, en ne tenant compte que des caractères différentiels qui nous intéressent, pour des plantes se développant entièrement à l'intérieur de milieux liquides.

b. — Cultures en atmosphère confinée.

Elles ont été faites en vue de rechercher quelle est la part qui revient à l'assimilation du carbone de l'air dans la croissance des plantes ; l'amidon que nous avons vu se produire abondamment pour des solutions contenant au moins 10 °/₀ de glucose provient-il du glucose extérieur ou celui-ci n'agit-il que par sa pression osmotique pour déterminer une polymérisation intense des sucres provenant de l'assimilation chlorophyllienne. Nous avons, pour éclaircir ce point, soustrait un certain nombre de cultures aux échanges avec l'atmosphère extérieure, en fermant simplement le goulot du tube avec un bouchon de caoutchouc, d'après la technique indiquée à propos des cultures sur milieu minéral. J'ai fait de nombreuses analyses de l'atmosphère confinée de ces tubes au bout d'un ou de deux mois de culture ; elles m'ont montré qu'après une exposition de 12 heures à l'obscurité il se formait environ 2^{cc} de gaz carbonique pour une plante déjà développée depuis plusieurs semaines ; si on expose ensuite la plante à la lumière, ce gaz est rapidement décomposé et on retrouve très sensiblement, comme de Saussure l'a montré pour des temps plus courts, la composition initiale de l'air.

Cependant pour quelques cultures j'ai trouvé, au bout de plusieurs mois, une très légère diminution de l'oxygène dont la proportion tombait, par exemple, à 19 °/₀. Quelquefois au contraire la proportion d'oxygène augmentait, mais de façon très variable suivant les cultures ; dans d'autres cas encore on constatait une proportion notable de gaz carbonique, même à la lumière ; il était aisé de s'assurer que ce dernier phénomène coïncidait toujours avec le développement d'un microorganisme qui présentait, en présence du glucose, un quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O^2}$ plus grand que l'unité.

Lorsque je voulais effectuer des prises de gaz à l'intérieur des cultures je me servais, pour fermer le tube qui devait donner lieu à une analyse, d'un bouchon de caoutchouc percé d'un trou qui laissait passer un tube de verre capillaire; celui-ci venait d'un côté buter contre le tampon d'ouate et se recourbait à l'extérieur de manière à baigner, par son extrémité redressée, dans du mercure; il suffisait, pour faire une prise, de placer la culture et le vase de mercure correspondant sous une cloche où on faisait un vide partiel avec une trompe; du gaz venait se dégager dans une éprouvette pleine de mercure et renversée sur le tube à dégagement. On pouvait faire de la sorte des prises rapides et aussi espacées qu'on le désirait sans nuire à la culture ni sans la contaminer, à condition de prendre quelques précautions d'asepsie qu'il est facile d'imaginer.

Caractères extérieurs. — J'ai décrit l'état de souffrance dans lequel végétaient les Radis en atmosphère confinée lorsqu'ils n'avaient à leur disposition qu'un milieu minéral; si l'utilisation de glucose extérieur aux plantes n'existait pas, nous devrions trouver, dans le cas des solutions glucosées, une allure analogue des cultures; or il n'en est rien; le développement s'effectue parfaitement lorsqu'on ne donne pas à la plante d'autre gaz carbonique que celui qui provient de sa respiration; mais la plante prend des caractères très particuliers.

Bornons-nous à décrire les plantes végétant en atmosphère confinée sur des solutions à 10 °/₀ de glucose; l'axe hypocotylé reste trapu et les feuilles acquièrent un pétiole très court, mais très épais; le limbe, au lieu de prendre des caractères de grande simplicité, présente des lobes latéraux profondément séparés les uns des autres, si bien que la feuille arrive à être séquée; de plus le limbe, qui garde une teinte verte foncée, présente une surface irrégulière due à un développement relativement grand du parenchyme foliaire par rapport à la croissance longitudinale des nervures qui deviennent épaisses et très proéminentes à la face inférieure. Les feuilles sont étroitement serrées les unes contre les autres, à cause de la brièveté de leurs pétioles, et l'ensemble de la plante prend un aspect crépu très particulier.

Lorsqu'on ferme le tube alors que les plantes se sont déjà développées pendant un certain temps en présence de l'air extérieur, les feuilles qui se sont précédemment constituées ne tardent pas à devenir oranges, puis jaunes, et à se détacher enfin de la tige ; elles disparaissent ainsi en quelques jours, ne pouvant s'adapter aux nouvelles conditions de vie ; celles qui se forment à leur suite prennent les mêmes caractères que lorsque la fermeture a lieu dès le début de la germination. Quand la culture dure suffisamment longtemps la tige s'allonge un peu, tout en gardant des entre-nœuds relativement courts, et elle devient très épaisse, prenant souvent (fig. 13) l'aspect de celle d'un Chou Rave ; les tubercules ne se constituent pas dans ces conditions, la tubérisation de l'axe hypocotylé semblant être remplacée par celle de la tige proprement dite.

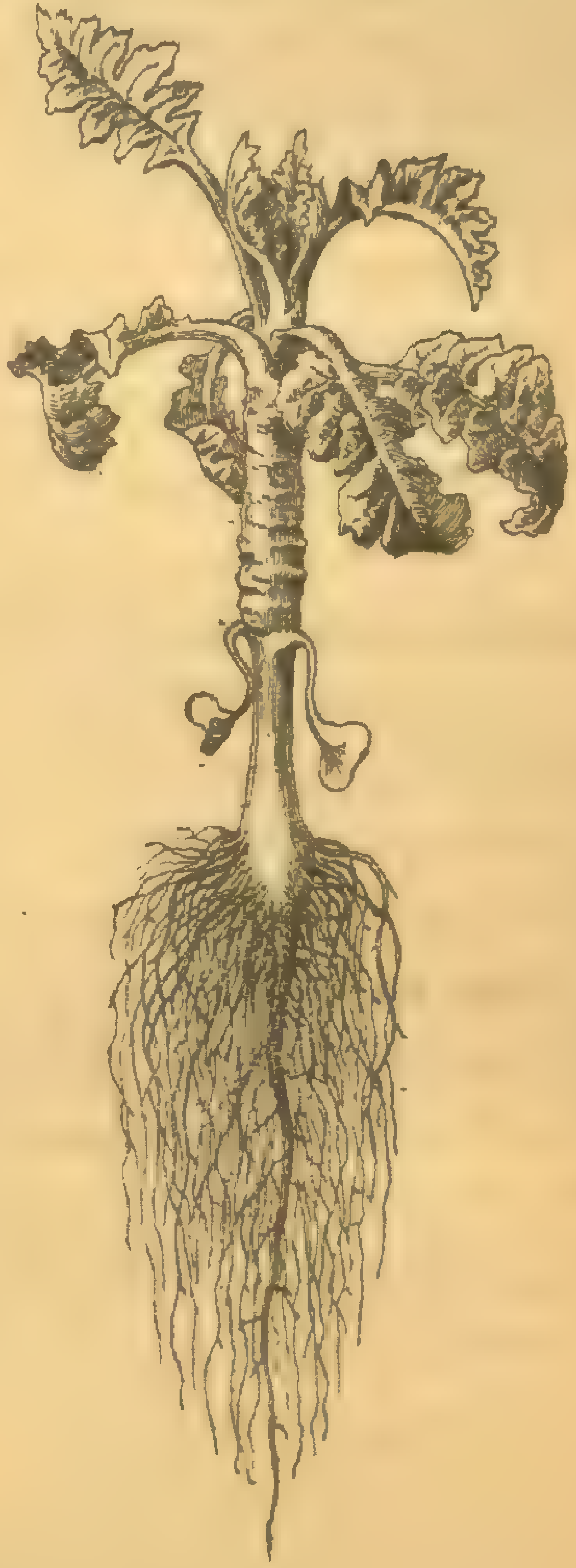


Fig. 13. — Radis développé dans une solution à 5 %, en tube ouvert, puis fermé. (Gr. nat.).

Pour des concentrations de glucose autres que 10 % les différences extérieures que présentent les individus végétant en atmosphère confinée par rapport à ceux qui sont en relation avec l'air extérieur sont de tout point comparables à celles que nous venons de signaler ; leur intensité seule varie.

Si, après avoir fermé le tube pendant un certain temps, on ôte le bouchon de caoutchouc, le développement des plantes continue et on voit réapparaître les caractères des plantes végétant dans des tubes simplement fermés à l'ouate. Cette fois, les feuilles qui se sont développées en atmosphère confinée ne disparaissent pas rapidement ; elles sont capables de s'adapter aux nouvelles conditions, et celles qui ne sont pas trop différenciées au moment de la réouverture du tube peuvent reprendre l'allure correspondant aux tubes ouverts. La tige acquiert une croissance plus rapide et présente des entrenœuds plus longs.

Les échantillons qui effectuent leur développement dans des tubes pour lesquels le coton a été fortement comprimé prennent un aspect qui se rapproche plus ou moins de celui que nous venons de décrire pour des tubes fermés; aussi, dans les cultures ordinaires, nous avons eu soin de serrer aussi faiblement que possible l'ouate qui ferme le goulot.

Dans la plupart des cultures faites en atmosphère confinée, nous avons laissé aux plantes la disposition du gaz carbonique qu'elles rejettent; il ne peut, par son assimilation, augmenter le poids de la plante ; j'ai tenu cependant à m'assurer que, dans le cas où on le supprimait, au moins dans la mesure où cela est possible, en l'absorbant par de la potasse, le développement de la plante se faisait de la même façon que si on le laissait subsister; il suffisait, pour réaliser cette expérience, de placer dans le vase de culture un tube à essai rempli de potasse concentrée et qui était maintenu contre les parois internes du tube de culture par le milieu gélosé lui-même, qu'on laissait se solidifier par refroidissement en inclinant légèrement le tout ; de la sorte, l'ensemencement et le développement pouvaient s'effectuer comme à l'ordinaire. Le tube de culture était alors placé dans une grande éprouvette de verre, à l'intérieur de laquelle on établissait un courant d'air, débarrassé de gaz carbonique, afin que la plante ait toujours suffisamment d'oxygène à sa disposition.

D'autre part quelques cultures en atmosphère confinée n'acquéraient pas les caractères qui viennent de nous retenir ; le port restait celui des plantes végétant à l'air libre ; il était facile de se rendre compte que ces cultures étaient précisément celles qui présentaient une augmentation de la teneur en oxygène et même en gaz carbonique, par suite du dégagement de ce dernier gaz par un microorganisme ; lorsque j'ai ensemencé, à côté du Radis, des bactéries ou des levûres rencontrées dans les tubes précédents j'ai provoqué la même allure pour le développement que lorsque celui-ci s'effectue à l'air libre. C'est donc bien à une forte réduction ou à la suppression de l'assimilation chlorophyllienne qu'il faut rapporter les caractères très particuliers que nous avons observés en atmosphère confinée.

Poids secs. — Quelques nombres vont nous renseigner sur l'augmentation du poids sec dans les deux conditions de végétation. Trois échantillons ensemencés sur milieux glucosés à 10 °/₀, en tubes ouverts, ont présenté pendant deux mois un développement tout à fait comparable ; au bout de ce temps deux des tubes ont été fermés, le troisième restant dans les conditions primitives ; six semaines après cette fermeture les échantillons ont été pesés à l'état frais et à l'état sec ; les résultats ont été les suivants (mgr.) :

	POIDS FRAIS	POIDS SEC	RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS
Tube ouvert.	907	122	0,134
Tube fermé, n° 1	1427	212	0,148
Tube fermé, n° 2	1717	231	0,134

Pour deux échantillons développés en tubes fermés aussitôt après l'ensemencement les poids ont été, par rapport à un échantillon témoin, les suivants, après 7 semaines de culture :

	POIDS FRAIS	POIDS SEC	RAPPORT DU POIDS SEC AU POIDS FRAIS
Tube ouvert.	502	65	0,129
Tube fermé n° 1	472	72	0,156
— n° 2	435	70	0,184

Ces résultats sont suffisants pour montrer que non seulement la suppression de la fonction chlorophyllienne n'affaiblit pas pour les plantes, à la disposition desquelles est mis du glucose, le rendement en matière sèche, mais qu'elle se traduit par une augmentation de celle-ci ; il paraît donc exister une sorte d'antagonisme entre l'assimilation chlorophyllienne et l'absorption des substances sucrées par les racines, antagonisme que nous retrouverons plus loin par une autre voie expérimentale. Nous voyons en même temps augmenter en atmosphère confinée le rapport du poids sec au poids frais.

Caractères anatomiques. — Feuille. Les feuilles de Radis qui ont végété en atmosphère confinée sur une solution de glucose à 10 °/₀ se distinguent de celles qui correspondent à des tubes ouverts par la réduction des lacunes qui disparaissent complètement dans le tissu lacuneux ; on compte en moyenne (fig. 14, A) 4 assises palissadiques à cellules très allongées, en dessous desquelles se trouvent 4 assises de cellules à peu près isodiamétrales ; toutes ces cellules parenchymateuses contiennent en abondance des leucites verts absolument remplis de grains d'amidon (fig. 14, B); cette substance apparaît au simple examen microscopique comme beaucoup plus abondante que dans les feuilles développées en présence de l'air extérieur ; elle se forme même dans les cellules de l'épiderme inférieur, contre la membrane interne, plus rarement et toujours avec moins d'intensité dans l'épiderme supérieur ; cela donnerait à penser que l'amidon ne se constitue qu'en présence d'une lumière suffisamment faible, comme l'indiquait déjà le fait qu'il apparaît d'abord dans le tissu lacuneux et qu'il va en diminuant dans le tissu palissadique à partir de l'assise la plus profonde.

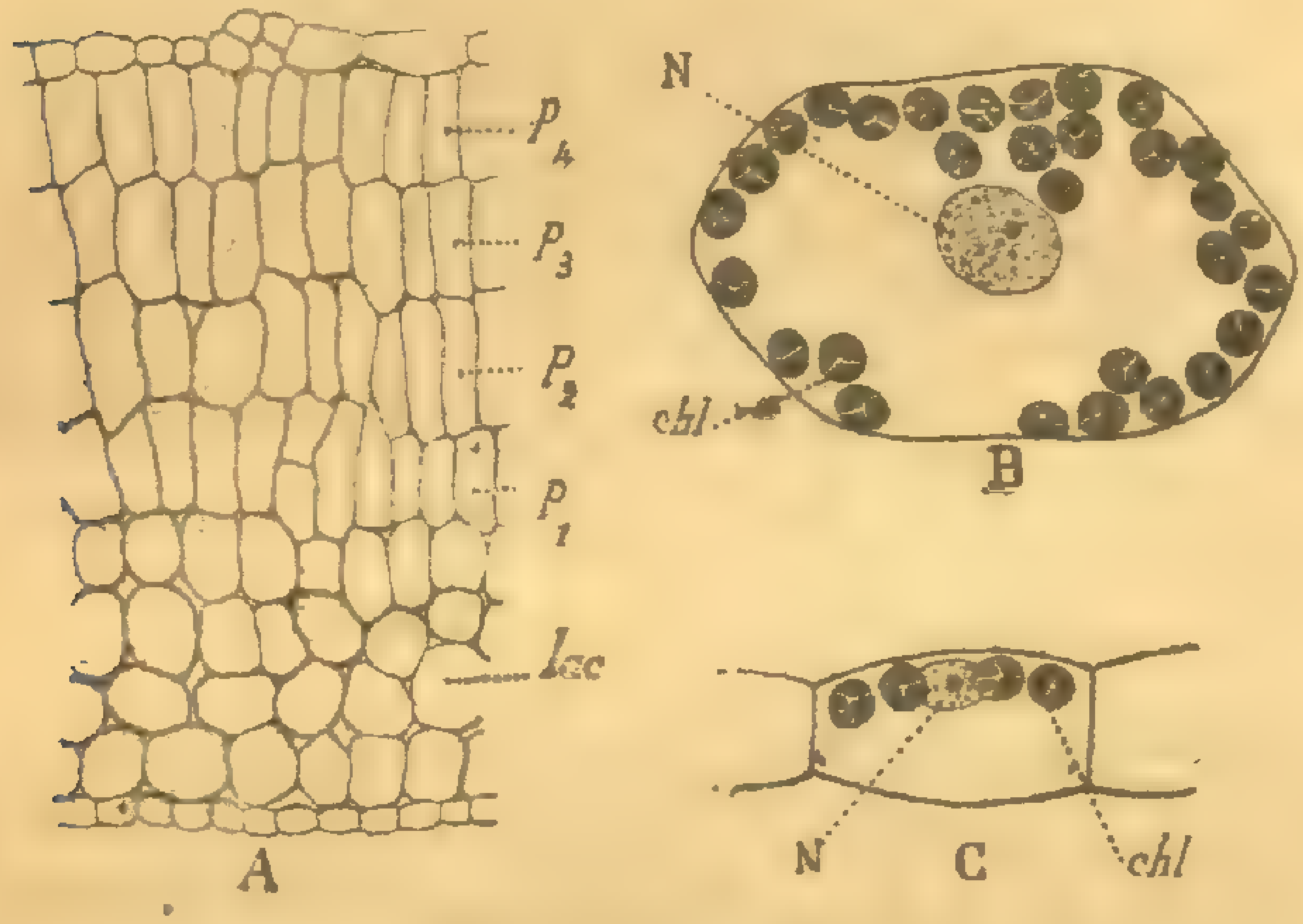


Fig. 14. — A, coupe transversale d'un limbe de Radis développé en atmosphère confinée sur solution glucosée à 10 %; p_1, p_2 p_3, p_4, assises palissadiques ; *lac*, tissu lacuneux. (Gr. = 140). B, cellule de l'assise p_1 ; C, cellule de l'épiderme inférieur ; *N*, noyau ; *chl*, chloroleucites amylacés. (Gr. = 600).

Avec 15 % de glucose, les caractères anatomiques sont encore plus accentués et on ne peut s'empêcher de comparer la structure que prend alors la feuille à celle qui est normalement réalisée dans les cotylédons dont les tissus ne contiennent pas de lacunes et ont leurs cellules allongées perpendiculairement à la surface du limbe; il devient très raisonnable d'admettre que c'est à des conditions identiques de nutrition qu'il faut rapporter cette convergence de structure.

Lorsque des boutons de fleurs prennent un certain développement dans les conditions de culture que nous envisageons, et le fait arrive en solutions à 10 °/₀ de glucose pour les individus qui se sont d'abord développés un certain temps en atmosphère non confinée, les sépales prennent un tissu palissadique dont ils sont normalement dépourvus dans les tubes restant toujours ouverts.

Axe hypocotylé. — Des cultures qui ont eu une durée de six semaines et ont été faites en présence de 10 °/₀ de glucose, soit en communication avec l'air extérieur, soit en atmosphère confinée, ont montré que dans ces dernières conditions l'axe hypocotylé devient beaucoup plus épais, ce qui est dû à un développement plus intense des formations secondaires et particulièrement du tissu libérien ; de plus, la région péricyclique se cloisonne abondamment, les cellules prenant une forme sphérique, ce qui amène une transition insensible du péricycle à l'écorce qui prend les mêmes caractères ; les vaisseaux du bois sont plus petits ; enfin, alors que dans le témoin l'axe hypocotylé ne présente qu'un peu d'amidon dans les deux régions de l'écorce opposées aux faisceaux primaires du bois, il s'en est formé une grande quantité, à l'état de gros grains composés, dans le cylindre central et dans l'écorce.

Tige. — Les modifications sur lesquelles je désire attirer l'attention en ce qui concerne la tige proprement dite sont relatives aux tissus conducteurs ; si on examine l'un des faisceaux de la tige d'un individu qui s'est constitué sur une solution contenant 10 °/₀ de glucose et à l'air libre, on voit (fig. 17) qu'il comprend des vaisseaux ligneux relativement gros et des formations secondaires assez peu développées, donnant en tout cas naissance à des vaisseaux ligneux semblables aux derniers formés de la structure primaire. Si la plante s'est développée en atmosphère confinée (fig. 15) les vaisseaux ligneux primaires et secondaires sont identiques entre eux, mais plus petits que dans le cas précédent ; les formations secondaires sont beaucoup plus abondantes, ce qui correspond à l'épaississement de la tige ; des éléments libériens sont intercalés entre les vaisseaux ligneux, ce qui n'existait pas dans le cas précédent ; quant aux vaisseaux du bois, ils sont de calibre très réduit et écartés les uns des autres par du parenchyme ; enfin les tissus scléreux ont disparu ou se sont considérablement réduits.

La tige, qui s'est accrue en atmosphère confinée, prend donc en résumé des caractères analogues à ceux du tubercule normal ; la présence de liber intra-ligneux n'est pas particulière à l'axe hypocotylé, mais tient à la tubérisation ordinaire de celui-ci ; ce qui le montre bien c'est que l'axe hypocotylé de Radis cultivés à l'ombre, ne se tubérisant pas, offre une structure tout à fait comparable à celle de la tige ; on trouve bien encore un peu de liber dans la région interne des formations secondaires ligneuses ; il correspond à un début de tubérisation qui ne continue pas ; plus à l'extérieur le bois n'est plus constitué que par des vaisseaux ligneux séparés par un sclérenchyme analogue à celui de la tige.

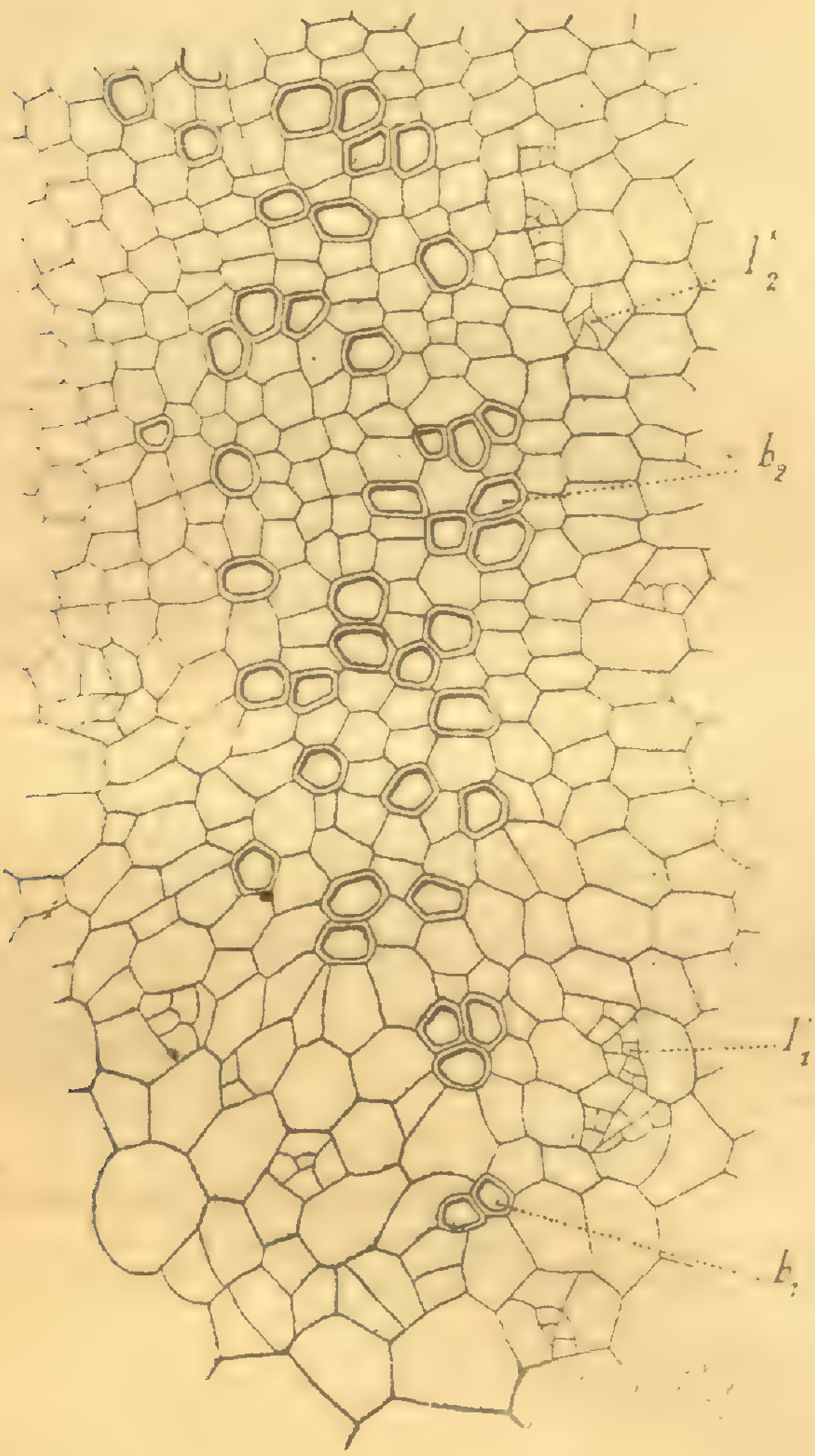


Fig. 15. — Parenchyme ligneux de la tige d'un Radis développé sur une solution glucosée à 10 °/₀, en tube fermé ; b_1, bois primaire ; b_2, bois secondaire; l'_1 et l'_2, libers primaire et secondaire intra-ligneux. (Gr. = 275).

La plupart de ces caractères que nous venons de signaler, en y ajoutant celui d'une réserve plus abondante d'amidon, sont ceux que Costantin (**14**) et Thomas (**55**) ont reconnus comme différenciant les tiges et les feuilles souterraines par rapport aux tiges et feuilles aériennes ; la vie en atmosphère confinée, c'est-à-dire la réduction de l'assimilation chlorophyllienne à un minimum, amène donc dans la tige, bien qu'elle se développe encore dans l'air, à la lumière, et dans des conditions très comparables d'état hygrométrique, une structure semblable à celle qui s'établit dans des organes où l'assimilation chlorophyllienne n'existe pas non plus, mais par suite du manque de radiations lumineuses; il semble bien que nous soyons en présence d'une structure qui correspond en dernière analyse à ce fait que, dans les deux cas, il s'effectue dans l'organe considéré une mise en réserve de matériaux sucrés.

L'obscurité, dans les conditions normales de végétation, nous apparaît comme favorable à l'emmagasinement des réserves ; mais on sait qu'elle n'est pas indispensable ; or si on compare par exemple la structure des tubercules aériens et souterrains de la Pomme de terre, on trouve dans l'un et l'autre cas les mêmes caractères différentiels par rapport aux tiges non renflées ; ce n'est donc pas la présence ou l'absence de lumière qui est intervenue dans le changement de structure, non plus qu'une différence dans les conditions d'humidité.

Dans un travail récent, Dauphiné (**17**) est arrivé, par des observations faites sur le développement normal des rhizômes, à des conclusions qui concordent de tout point avec nos expériences. Il a été amené à distinguer deux périodes différentes, l'une correspondant à l'emmagasinement des réserves, et pendant laquelle la structure est celle que Costantin a décrite pour les tiges souterraines, l'autre correspondant à la reprise de la végétation et à l'utilisation des réserves accumulées en arrière de la région qui s'accroît ; pendant cette seconde phase la structure est très sensiblement celle des tiges aériennes ; les deux régions se raccordent par une zone dans laquelle on reconnaît la superposition des deux structures.

J'ai pu réaliser expérimentalement l'établissement de ces deux structures successives dans une même tige et leur superposition en une région de transition en faisant végéter des Radis sur une solution de glucose à 10 °/₀, d'abord en présence de l'air extérieur (15 mars), puis en atmosphère confinée (du 10 mai au 20 juin) et rouvrant enfin le tube pour laisser les plantes se développer encore deux mois (du 20 juin au 17 août).

Si on fait une coupe de la tige assez haut, on observe la structure d'une tige aérienne (fig. 17), assez bas celle d'une tige souterraine, c'est-à-dire celle que nous avons représentée par la figure 15 ; dans une région intermédiaire, on obtient la disposition de la figure 16; le faisceau ligneux primaire présente des vaisseaux b_1

relativement petits et épars; sur ses flancs se trouvent des éléments libériens l'; puis viennent des formations secondaires dans lesquelles le bois est compact, formé de vaisseaux b_2 relativement larges, et ne présente pas de liber intercalé, comme cela a lieu dans les tubercules et les tiges développés en atmosphère confinée. Cette figure 16 est tout à fait comparable à celle que Dauphiné a donnée (**17**) (fig. 16 de son travail) pour montrer la superposition des deux structures dans le rhizome d'*Artemisia vulgaris*.

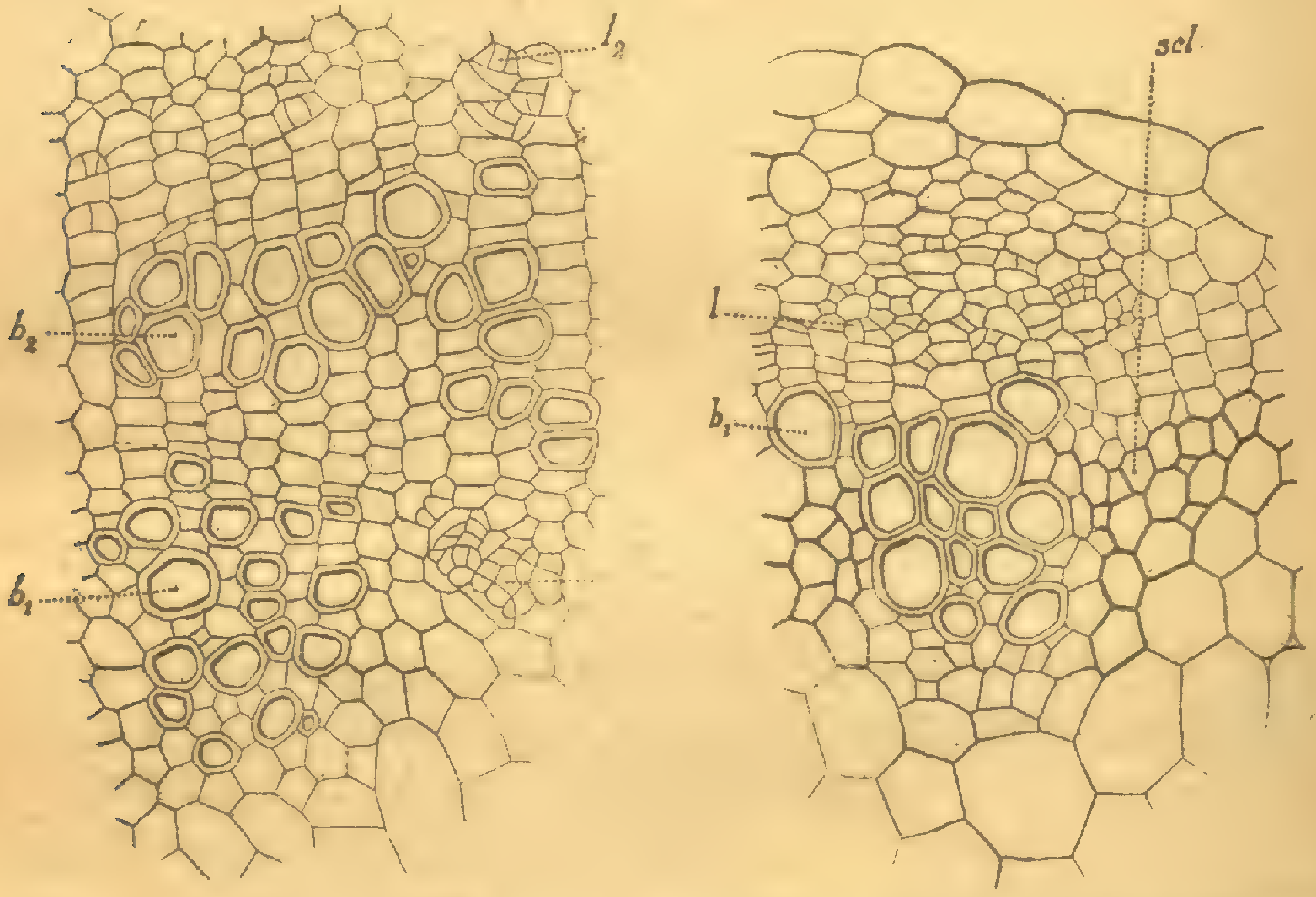


Fig. 16 et 17. — Coupes transversales pratiquées dans une tige de Radis développé sur une solution glucosée à 10 °/₀, en tube d'abord fermé, puis ouvert; la tige a, dans sa partie inférieure, la structure représentée par la fig. 15. (Gr. = 275).

Fig. 16. — Région qui s'est développée en atmosphère confinée (b_1, l'), puis en atmosphère libre (b_2).

Fig. 17. — Région située plus haut que la précédente et qui s'est constituée en atmosphère libre; *scl*, sclérenchyme.

Les cultures en atmosphère confinée peuvent donc être considérées comme amenant un changement complet dans les migrations des substances sucrées; dans les conditions normales de végétation le Radis fabrique, grâce à ses feuilles, des sucres qui vont se mettre en reserve dans le tubercule; cette phase est ici supprimée; les sucres sont empruntés uniquement au milieu par les racines et ces substances cheminent de suite de bas en haut, s'accumulant à l'état d'amidon dans la tige et dans les feuilles ; la tige de ce fait se renfle et prend les caractères anatomiques ainsi que la fonction d'un rhizôme considéré dans la période de son développement où il emmagasine des réserves ; les feuilles acquièrent en même temps une structure comparable à celle d'un cotylédon.

En faisant se développer des végétaux à la lumière continue G. Bonnier (**10**) a obtenu des résultats qui, en plus d'un point, sont comparables à ceux que je viens de rapporter ; les tiges aériennes ont une tendance marquée à se tubériser ; les vaisseaux ligneux subissent des modifications identiques à celles que nous avons vues se produire en atmosphère confinée ; le sclérenchyme est également réduit ; les feuilles de l'*Helleborus niger* qui croissent à la lumière continue acquièrent une structure compacte du même ordre que celles qui se rapportent au Radis végétant en tubes fermés.

Dans les deux cas il nous paraît que c'est encore la même cause immédiate qui agit, à savoir une teneur considérable des organes considérés en matériaux nutritifs ; mais dans les expériences de G. Bonnier cette accumulation semble due, à l'inverse de ce qui se passe dans les nôtres, à une assimilation chlorophyllienne exagérée, et peut-être, en même temps, à un affaiblissement de la migration des matériaux qui en résultent, du fait d'une lumière trop intense.

c. — Cultures en présence d'une atmosphère riche en gaz carbonique.

Les résultats que nous ont fournis les cultures effectuées en atmosphère confinée nous ont amenés à l'idée d'un antagonisme existant entre la fonction chlorophyllienne et l'absorption des substances sucrées par les plantes vertes. Il était intéressant de voir ce qui se passe à cet égard si on augmente l'assimilation chlorophyllienne en offrant à la plante de l'air auquel on a mélangé une quantité de gaz carbonique telle que l'assimilation soit au contraire rendue aussi grande que possible. J'ai repris à cet effet des expériences analogues à celles de Montemartini (**48**), de

Teodoresco (**54**), et de Demoussy (**18**), relatives à l'influence de la teneur de l'air en gaz carbonique sur le développement ou sur la structure des végétaux, mais en opérant sur des cultures de Radis en milieux glucosés.

Teodoresco et Demoussy ont montré que les plantes, considérées à un stade suffisamment éloigné de leur germination, acquièrent un développement et un poids sec plus considérables lorsqu'on leur offre une atmosphère plus riche en gaz carbonique que l'air normal. Mais pendant la période de germination le développement est au contraire retardé par une dose suffisamment grande de gaz carbonique. J'ai repris ces expériences en faisant germer des graines de Vesce de Narbonne et de Blé, c'est-à-dire des graines riches en matériaux de réserve, dans une atmosphère contenant environ 10 °/₀ de gaz carbonique; il se produisait un retard manifeste dans la croissance par rapport à des graines germant dans l'air normal; c'est ainsi que pour la Vesce la tige atteignait une longueur de 10^{cm} et ne présentait qu'une feuille bien développée en atmosphère contenant 10 °/₀ de gaz carbonique, alors qu'elle avait, au bout du même temps, une longueur de 20^{cm} et portait deux feuilles à limbe étalé, en présence de l'air normal.

Le poids sec des organes aériens tombait de 1 à 0,34 quand on passait de l'air à l'atmosphère chargée de gaz carbonique; la teneur en eau était plus considérable dans ce second cas, le pouvoir assimilateur pour une feuille était égal ou légèrement inférieur. On ne peut pousser très loin ces cultures non aseptiques faites à l'intérieur de cloches où passait un courant continu d'air normal ou mélangé à du gaz carbonique; il s'y développe facilement des moisissures en raison de l'état hygrométrique élevé qui règne à l'intérieur des cloches.

J'ai refait les mêmes expériences en me servant de cultures aseptiques de Radis sur milieu minéral; les tubes étaient placés à l'intérieur de cloches où on faisait circuler les deux mélanges gazeux en question; il s'établissait facilement un équilibre entre l'atmosphère interne du tube et celle de la cloche, à travers le coton. On observait le même ralentissement de la croissance pendant la période de germination, sous l'action du gaz carbonique, mais bientôt le phénomène changeait de sens et, au bout d'un mois, les individus qui s'étaient développés en présence de gaz carbonique présentaient une hauteur double de celle qu'atteignaient ceux à qui on donnait de l'air ordinaire; les feuilles étaient plus nombreuses, plus grandes et les racines plus développées; les cotylédons restaient plus longtemps bien vivants; le poids sec devenait égal en moyenne à $48^{mgr.}$ au lieu de $16^{mgr.}$, c'est-à-dire qu'il triplait.

En augmentant l'assimilation chlorophyllienne par le fait d'une teneur de gaz carbonique voisine de l'optimum, on retarde donc l'utilisation des réserves de la graine et on doit s'attendre à ce que par le même procédé on arrive à retarder l'absorption du glucose qu'on met artificiellement en présence des racines de la plante. J'ai, pour m'en assurer, établi d'autres cultures, les unes dans l'air normal, les autres dans l'air additionné de 10 °/₀ de gaz carbonique, mais en donnant cette fois aux plantes un milieu nutritif contenant 10 °/₀ de glucose (disons de suite, pour n'y plus revenir, que les résultats ont été absolument les mêmes avec 10 °/₀ de saccharose).

Les échantillons développés en présence de gaz carbonique n'étaient pas plus grands que ceux qui végètent dans l'air; leur taille, le nombre de leurs feuilles étaient les mêmes et on ne constatait que des différences morphologiques portant sur la forme, la teinte plus pâle du limbe, l'allongement du pétiole et de l'axe hypocotylé, tous caractères dus à la présence du gaz carbonique.

Dans l'air le poids sec était de 45^{mgr} sur glucose, il devenait avec addition de 10 °/₀ de gaz carbonique égal à 32^{mgr}. Alors que ce poids sec a passé de 16 à 45 dans l'air normal, qu'il a ainsi environ triplé sous l'action du glucose, il n'a augmenté que dans la proportion de 16 à 32, il a seulement doublé en présence du gaz carbonique et le rendement a été dans ce dernier cas moins considérable (32 au lieu de 48) que pour la solution minérale. Je me contente de citer ces nombres, les nombreux résultats obtenus ayant toujours été concordants.

En augmentant l'assimilation chlorophyllienne, nous avons donc nui à l'utilisation du sucre extérieur à la plante, de même que, lorsque nous supprimions cette fonction en fermant le tube, nous obtenions un rendement plus important en matière sèche. Nous arrivons ainsi par deux voies inverses à établir l'existence d'un antagonisme entre l'utilisation des réserves chez une plante et la synthèse chlorophyllienne.

Il sortirait un peu de notre sujet d'étudier en détail les modifications anatomiques que subit la feuille du Radis sous l'influence du gaz carbonique, en présence de milieux minéraux ou glucosés ; je compte revenir plus tard sur cette question ; je me bornerai pour l'instant à signaler une très légère augmentation du tissu palissadique sous l'action du gaz carbonique, lorsque la plante se trouve sur milieu minéral, c'est le fait démontré par Montemartini (**48**), une réduction au contraire de ce même tissu palissadique sous la même action quand la culture a lieu sur solution glucosée. Ces faits concordent parfaitement avec les résultats relatifs aux poids secs, le gaz carbonique augmentant la teneur en glucose dans le premier cas, la diminuant dans le second ; or nous avons établi précédemment que la formation du tissu palissadique se trouve sous la dépendance immédiate de cette teneur en sucre.

d. — **Cultures en lumières colorées.**

Quelques cultures comparées faites sur des milieux glucosés à 10 °/₀ dans des tubes laissant passer la lumière solaire intégralement ou arrêtant certains groupes de radiations m'ont fourni des résultats de morphologie externe analogues à ceux que Teodoresco (**53**) et Klebs (**24**) ont obtenus dans des conditions semblables et m'ont de plus permis d'observer des modifications anatomiques très caractéristiques.

Pour faire agir certaines radiations à l'exclusion des autres j'ai recouvert les tubes de cultures de papiers rouge ou bleu ; c'étaient de ces papiers vernis qui sont vendus dans le commerce pour faire des vitraux par application directe sur les vitres ; examiné au spectroscope le papier rouge laisse passer, en atténuant l'intensité, toutes les radiations rouges comprises entre $\lambda = 670$ et $\lambda = 603$; le papier bleu se laisse au contraire traverser par les radiations comprises entre $\lambda = 570$ et l'extrémité la plus réfrangible du spectre visible.

Certaines plantes étaient en communication avec l'atmosphère extérieure, les autres se développaient en tubes fermés, de manière à ce qu'on pût se rendre compte de la manière dont le glucose était absorbé en présence des deux sortes de lumières.

En lumière rouge le développement est analogue, que le tube soit ouvert (fig. 18, C) ou fermé (fig. 18, D), à celui que nous avons décrit pour la lumière totale ; il est visiblement moindre en lumière bleue ; si le tube est ouvert (fig. 18, A) on a des échantillons qui, comparés aux précédents, présentent des feuilles moins nombreuses, d'un vert plus foncé et à limbe fortement recourbé, la face supérieure se développant beaucoup plus que la face inférieure ; ce caractère est un de ceux que Teodoresco (**53**) a décrits pour le *Sempervivum tectorum* végétant en lumière verte, et Klebs (**24**) pour le *Sempervivum Funkii* croissant en lumière bleue ; l'axe hypocotylé est vert, à peine teinté de rose, alors qu'il est rose foncé en lumière rouge. Ce caractère différentiel se retrouve en atmosphère confinée ; dans ces conditions la lumière bleue permet un développement moindre que la lumière rouge ; les feuilles sont également moins nombreuses et surtout leur limbe est beaucoup plus réduit (fig. 18, B).

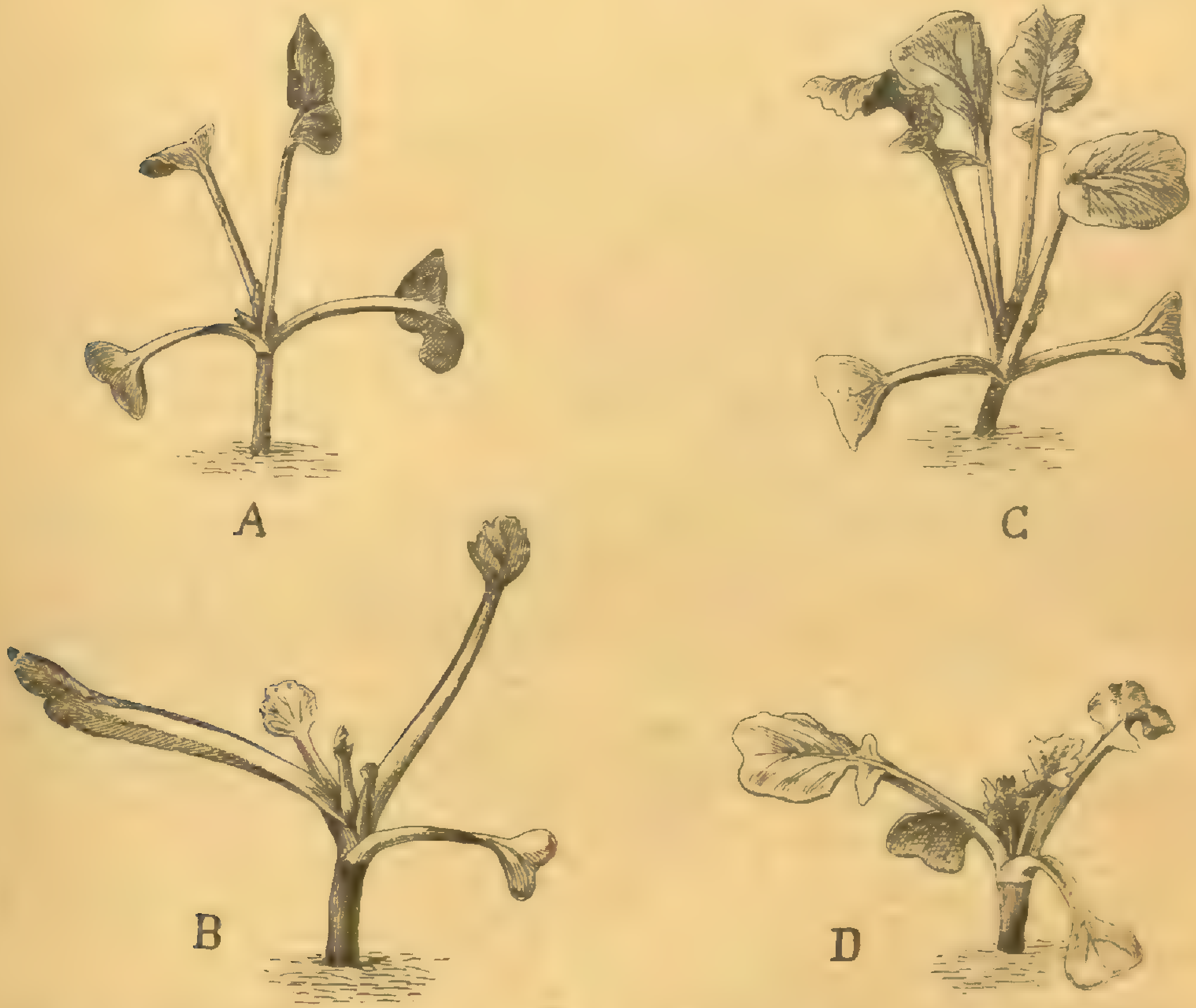


Fig. 18. — Radis développés pendant le même temps sur solution glucosée à 10 °/. en lumière bleue (A et B) et en lumière rouge (C et D). A et C étaient en tubes ouverts, B et D en tubes fermés. (Légèrement réduits).

Les feuilles qui se sont formées en tubes ouverts et en lumière rouge (fig. 19) ont un parenchyme très lacuneux, y compris le tissu palissadique, qui est relativement peu développé et ne comprend que deux à trois assises de cellules peu allongées ; ni dans le limbe, ni dans le pétiole il ne se constitue d'amidon.

En lumière bleue (fig. 20) les lacunes sont très réduites dans le tissu lacuneux ; elles n'existent pas dans le tissu palissadique qui comprend quatre assises ; l'épiderme inférieur présente des cellules très aplaties alors que celles de l'épiderme supérieur sont très larges et très épaisses ; on ne trouve pas non plus ici d'amidon dans le limbe, mais il en existe dans le pétiole.

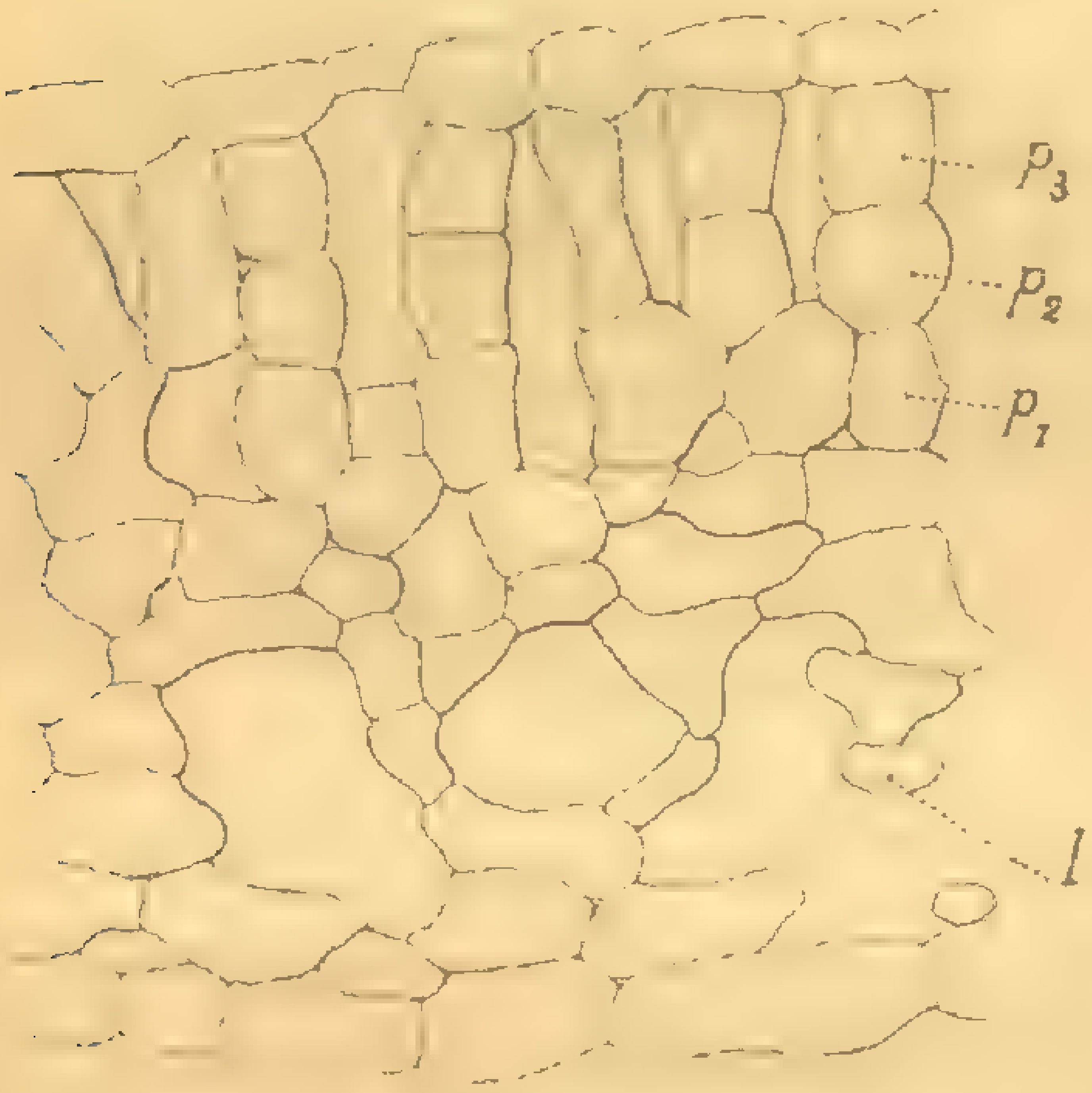


Fig. 19. — Coupe transversale d'un limbe de Radis développé sur solution glucosée à 10 °/₀ en lumière rouge. p_1, p_2, p_3, assises palissadiques ; *l*, tissu lacuneux. (Gr. = 140).

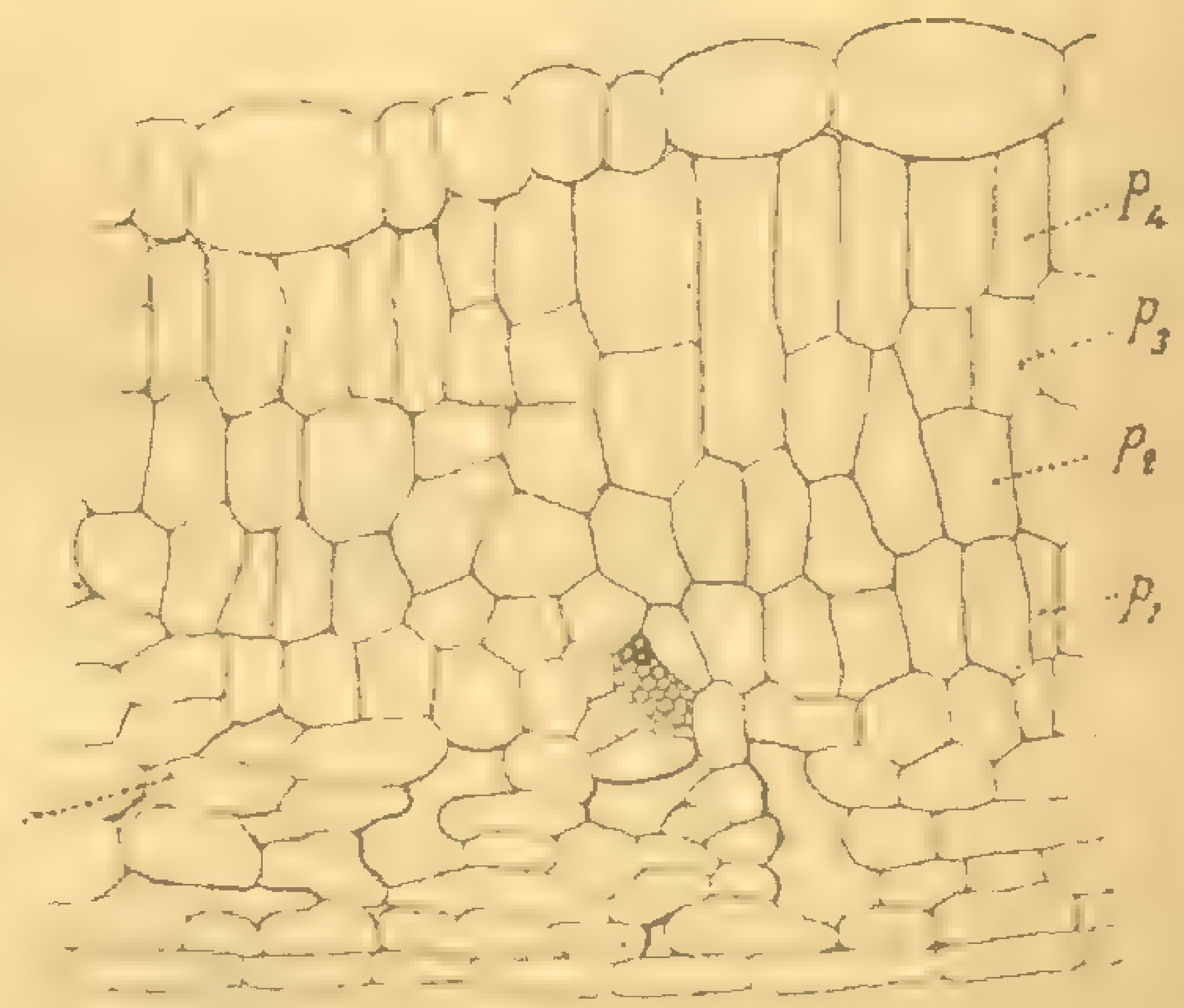


Fig. 20. — Coupe transversale d'un limbe de Radis développé sur solution glucosée à 10 °/₀ en lumière bleue. p_1, p_2, p_3, p_4, assises palissadiques ; *l*, tissu lacuneux. (Gr. = 140).

Quelques essais de cultures faites sur des milieux glucosés à l'obscurité ne m'ont pas permis de constater une assimilation du sucre extérieur par la plante dans ces conditions ; le développement s'arrête toujours, qu'on fournisse du sucre ou non, à l'épanouissement des cotylédons : il n'apparaît pas d'autres feuilles et si le poids sec est un peu plus élevé en présence du glucose il est aisé de rapporter cette augmentation à une simple absorption des substances externes, non suivie d'utilisation. J'arrive donc à cet égard à des résultats analogues à ceux qu'ont obtenus Laurent (**28**) et Mazé (**38**), mais à une conclusion différente de celle qu'ils formulent : avec Charpentier (**12**) et J. Lefèvre (**31**) je suis amené à regarder les radiations solaires comme absolument nécessaires à une véritable utilisation des substances organiques par les plantes vertes, c'est-à-dire se traduisant par un développement appréciable.

6. — **Résumé.**

En résumé, l'absorption du glucose, à une concentration suffisante, par les racines de Radis, produit sur cette plante les modifications essentielles suivantes :

Diminution de la croissance, augmentation de la production de la chlorophylle, simplification de la forme de la feuille ;

Production de tubercules par des concentrations comprises entre 5 et 15 °/₀ ;

Production de fleurs et de graines pour des concentrations voisines de 10 °/₀ ;

Augmentation du tissu palissadique, apparition d'amidon ;

En supprimant la fonction chlorophyllienne, par fermeture du tube, on augmente l'absorption du glucose extérieur ; la tige prend alors, ainsi que les feuilles, des caractères très spéciaux ; on réalise dans ces conditions la formation d'une sorte de rhizôme aérien ; les feuilles acquièrent une structure rappelant celle des cotylédons.

(A suivre).

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES SAPOTACÉES

par M. Marcel DUBARD

I

La famille des Sapotacées constitue un groupe des plus naturels renfermant un nombre considérable de formes ; celles-ci présentent entre elles des affinités extrêmement étroites, avec des transitions insensibles qui rendent très difficile leur répartition en tribus, genres et même espèces. La classification de ces plantes est encore rendue plus pénible par la variabilité dans le nombre des diverses pièces florales (pétales, étamines, carpelles) chez une même forme et les limites que les auteurs fixent souvent pour ce nombre dans chaque cas particulier sont généralement de peu de valeur, car elles résultent d'observations trop clairsemées.

Malgré les importants travaux de Baillon (1) et d'Engler (2), il semble que l'étude des Sapotacées ait été poursuivie surtout par fragments et qu'il manque encore aujourd'hui une vue d'ensemble dominant les points de vue particuliers qui ont été successivement considérés.

Moins que toute autre famille, les Sapotacées se prêtent à la classification en série linéaire ; les formes s'enchaînent les unes aux autres, de manière à constituer un vaste réseau, à travers les mailles duquel les coupures sont particulièrement délicates à pratiquer. Nul mieux que le botaniste L. Pierre ne connaissait la famille des Sapotacées, qu'il étudiait depuis de longues années, et sur laquelle il avait réuni des documents très nombreux. Cet auteur avait conçu dans son esprit une vaste monographie de ce groupe, dont il a entrevu avec précision le fil conducteur ; malheureusement, il n'a pour ainsi dire rien publié d'un peu général (3) sur la question et ses laborieuses observations ne se traduisent plus guère à l'heure actuelle que par des descriptions et des notes écrites au courant de la plume, accompagnées souvent de croquis, parfois de dessins plus précis et parsemées dans les feuilles de son volumineux herbier. L'idée directrice a été ainsi réduite en une série de tronçons, distribués sans ordre, sans méthode, sans préoccupation apparente de les ajuster les uns aux autres, de manière à en faire ressortir une conception des groupes lumineuse pour tous.

---

(1) Baillon : *Histoire des plantes. Sapotacées*, t. XI. — Id. : *Bull. Soc. Linn. de Paris*, p. 881-912 ; 915-920 ; 922-925 ; 935-936 ; 941-949.

(2) Engler : *Die natürlichen Pflanzenfamilien. Sapotaceæ*, IV th, Abt. 1, et *Nachträge*, p. 271-280. — Id. : *Monog. afrikan. Pflanzenfam. und Gatt.* VIII. Sapotaceæ.

(3) Pierre : *Notes botaniques. Sapotacées.* 2 brochures, chez Klincksieck (1890-1891).

La synonymie des Sapotacées est souvent fort compliquée, d'autant plus que le point de vue des descripteurs successifs a presque toujours été fort étroit ; aussi, presque chaque échantillon de l'herbier Pierre porte-t-il de nombreuses dénominations non seulement pour l'espèce mais aussi et surtout pour le genre ; ayant ajouté ses conceptions personnelles aux observations de ses prédécesseurs, ce botaniste a souvent indiqué lui-même des noms génériques et spécifiques nouveaux, sans y ajouter de description qui justifie sa manière de voir par un ensemble de caractères précis.

Cependant, en déchiffrant patiemment les longues descriptions, où les menus détails submergent souvent les caractères importants, en rapprochant des membres de phrase épars, il s'opère une reconstitution lente de la pensée de l'auteur ; il devient évident que Pierre avait pénétré profondément les affinités de ces plantes, au milieu desquelles il vivait, et peu à peu les coupures qu'il entrevoyait se font plus nettes et le classement des échantillons s'effectue pour ainsi dire de lui-même.

J'ai pensé que la mort de ce distingué botaniste ne devait pas entraîner la perte irrémédiable de ses longs efforts et qu'en groupant les riches épaves, reste un peu informe de son labeur, en les assemblant grâce aux observations personnelles que permettent les herbiers réunis par lui, il serait possible de reconstituer l'œuvre qu'il avait ébauchée. C'est ce travail que je me propose d'entreprendre, grâce à la bienveillance de M. Lecomte, professeur au Muséum, qui a bien voulu mettre à ma disposition non seulement toutes les collections de l'herbier Pierre, mais encore toutes les ressources de l'herbier du Muséum sur la famille des Sapotacées.

Je ne me dissimule point la grande difficulté de la tâche ; les études préliminaires, auxquelles je me livre depuis plusieurs mois, m'ont déjà clairement montré que la classification admise actuellement devrait être modifiée très profondément ; sans aller plus loin, les limites de la plupart des genres sont d'une imprécision telle qu'il est presque impossible aujourd'hui de mettre un nom générique certain sur un nouvel échantillon.

De plus, les observations que Pierre a consignées dans son herbier sont en quelque sorte en stratification ; ce n'est que peu à peu, par étapes successives, qu'il est arrivé à serrer de plus près les affinités naturelles et souvent d'une phrase, égarée dans quelque description latine, il a profondément modifié ses conclusions antérieures ; il est donc nécessaire, si l'on veut tirer parti de ses notes, de reconstituer dans le temps l'évolution de sa manière de voir, en soumettant à la critique personnelle ses conceptions successives.

Une autre difficulté de cette étude résulte de l'imperfection même de la classification actuelle. Pour bâtir un édifice, il est nécessaire de posséder une base solide et cette base manque un peu dans le cas présent ; il est impossible, dès le début, de modifier de fond en comble l'ossature d'une famille aussi complexe que celle des Sapotacées ; il faut donc s'appuyer sur les supports fragiles qui nous sont offerts, quitte à modifier peu à peu la forme même de ces supports et leurs combinaisons.

Certes, M. Pierre eût été autrement qualifié que moi pour mener à bien un pareil travail ; mais, maintenant qu'il a disparu, il serait regrettable pour la botanique française que ses efforts soient perdus, que ses documents restent inutilisés. C'est pourquoi, je me suis mis à l'œuvre avec patience, espérant que ma bonne volonté pourra compenser mon inexpérience.

II

Examinons donc d'abord les grandes lignes admises actuellement dans la classification des Sapotacées.

Cette famille appartient au groupe des Gamopétales et se range dans la série des *Ebénales*. Ce sont des plantes ligneuses à feuilles simples, plus ou moins coriaces. Les fleurs possèdent un androcée soit diplostémone, soit haplostémone par avortement du cycle staminal externe (étamines alternipétales), un ovaire supère avec placentation axile ; le cloisonnement complet des loges de l'ovaire, la position des ovules qui sont dressés avec micropyle inférieur, leur isolement dans chaque loge sont les meilleurs caractères, qui, par leur réunion, permettent une définition précise de la famille et distinguent les Sapotacées des autres *Ebénales* (Ebénacées, Styracées, Symplocacées).

On admet aujourd'hui la subdivision des Sapotacées en deux grandes tribus, les *Palaquiées* et les *Mimusopées*, suivant que les pétales sont dépourvus ou non d'appendices dorsaux ; c'est évidemment là un caractère bien secondaire pour baser des groupes aussi importants et qui fausse certainement la classification à son origine même ; nous l'admettrons cependant comme point de départ, quitte à établir plus tard un parallélisme étroit entre les deux groupes, en faisant ressortir leurs points de contact.

Étant donnés, d'une part le peu de diversité dans la conformation des organes floraux comparables, d'autre part la minime importance du nombre des pièces par verticille, puisque ce nombre est souvent variable dans une forme donnée, il semble qu'il faille mettre au premier rang les caractères qui résultent du développement général de la fleur.

C'est en somme en partant de ce principe qu'on a établi la subdivision des *Palaquiées* en trois sous-tribus, d'après l'évolution plus ou moins complète de l'androcée :

Les *Illipinées* comprennent en effet les espèces où la fleur renferme au moins 2 cycles d'étamines fertiles, les *Sidéroxylinées* celles où les étamines du cycle externe (alternipétales) se trouvent remplacées par des staminodes, les *Chrysophyllinées* celles où ce cycle externe a complètement avorté. Ce mode de coupure, s'appuyant sur une différenciation plus ou moins profonde de l'androcée est certainement beaucoup plus rationnel que celui qui a conduit à distinguer les *Palaquiées* et les *Mimusopées* et tient beaucoup plus largement compte des affinités naturelles des genres.

L'arrêt plus ou moins précoce dans le développement des organes floraux imprime d'ailleurs à la fleur des caractères assez particuliers pour être d'un grand secours dans le groupement des espèces ; nous aurons plus d'une fois l'occasion d'appliquer ce principe par la suite.

SUR LA STRUCTURE DU RHIZOME DE L'*ARTEMISIA VULGARIS*

ET SES RAPPORTS AVEC L'ÉVOLUTION DE LA PLANTE

par M. André DAUPHINÉ

J'ai décrit en détail, dans un mémoire précédent (1), les différentes phases que traverse le rhizome de l'*Artemisia vulgaris* au cours de son évolution annuelle, mais sans dépasser la première année, c'est-à-dire en prenant le jeune rhizome au moment de sa formation et en suivant le développement de sa structure jusqu'à ce qu'il ait donné naissance à une tige aérienne terminale.

J'ai depuis étendu mes recherches aux périodes de la vie du rhizome qui suivent l'établissement de cette première tige aérienne et ce sont les résultats de cette étude qui feront l'objet de cette note. L'exposition de ces résultats m'obligera à revenir rapidement sur les caractères de cette structure avant et pendant le développement de la première tige aérienne à l'extrémité du rhizome.

J'ai divisé cette première période en trois phases d'après le degré de développement du rhizome qui forme d'abord un rameau souterrain à croissance horizontale et dépourvu de racines adventives ; il vient ensuite développer quelques feuilles aériennes à la surface du sol, et enfin émet de nombreuses racines adventives pendant que se développe la tige aérienne. Au point de vue anatomique, trois phases correspondent à ces trois états successifs de développement qui constituent l'évolution annuelle du rhizome et sont accompagnés de modifications importantes dans le mode de vie et de nutrition de cet organe. Pendant la première phase, le rhizome peut être considéré comme se développant en parasite sur la tige dont il est issu ; il est dépourvu de la faculté d'assimiler et sa transpiration est très réduite : dans ces conditions le bois est peu développé, ses vaisseaux sont de petit calibre et apparaissent très tardivement par rapport aux éléments libériens. Le développement des premières feuilles aériennes, qui constitue une période d'activité et de consommation de réserve dans le bourgeon terminal du rhizome, est accompagné d'une recrudescence d'activité de l'assise génératrice libéro-ligneuse qui augmente considérablement l'importance du liber, tout en ne produisant, du côté du bois, que quelques vaisseaux rares et de petit calibre, disséminés dans un parenchyme non lignifié. Au contraire, au moment où les racines adventives apparaissent sur le rhizome et où la tige aérienne commence à se développer, le bois s'accroît et modifie rapidement sa structure dans le rhizome : les vaisseaux formés à partir de ce moment ont un calibre beaucoup plus considérable que dans les phases précédentes, et ils sont accompagnés d'un parenchyme ligneux identique à celui de la tige aérienne. Les structures acquises par le bois au cours de ces trois phases se superposent dans le rhizome et persistent avec leurs caractères, sauf pour les premiers éléments formés qui finissent par disparaître sur place ; du côté du liber, ces différentes phases ne peuvent s'observer qu'en suivant leur développement.

---

(1). A. Dauphiné : *Recherches sur les variations de la structure des Rhizomes.* (Annales des sciences naturelles, Botanique, 9e série, T. III, 1906. p. 317).

Si maintenant, nous considérons un rhizome d'*Artemisia vulgaris* lorsque la tige aérienne terminale vient de se détruire, nous constaterons immédiatement un retour à la structure que présentait le bois avant que le rhizome eût donné naissance à la tige aérienne : il est constitué par quelques vaisseaux de calibre réduit disséminés dans un parenchyme cellulosique.

D'autre part, de nouvelles ramifications souterraines se sont produites pendant la période de végétation aérienne, ramifications qui se comporteront elles-mêmes comme la portion précédente du rhizome dont elles forment le prolongement, et qui donneront naissance à de nouvelles tiges aériennes, le développement de ces tiges modifiera la structure du bois, non seulement dans la portion du rhizome dont elles sont directement issues, mais encore dans les portions plus anciennes qui ont déjà fourni des tiges aériennes. L'examen de la coupe représentée dans la figure 1 nous permettra de constater les caractères et la succession de ces différents types de structure. Cette coupe a été pratiquée dans un rhizome ayant

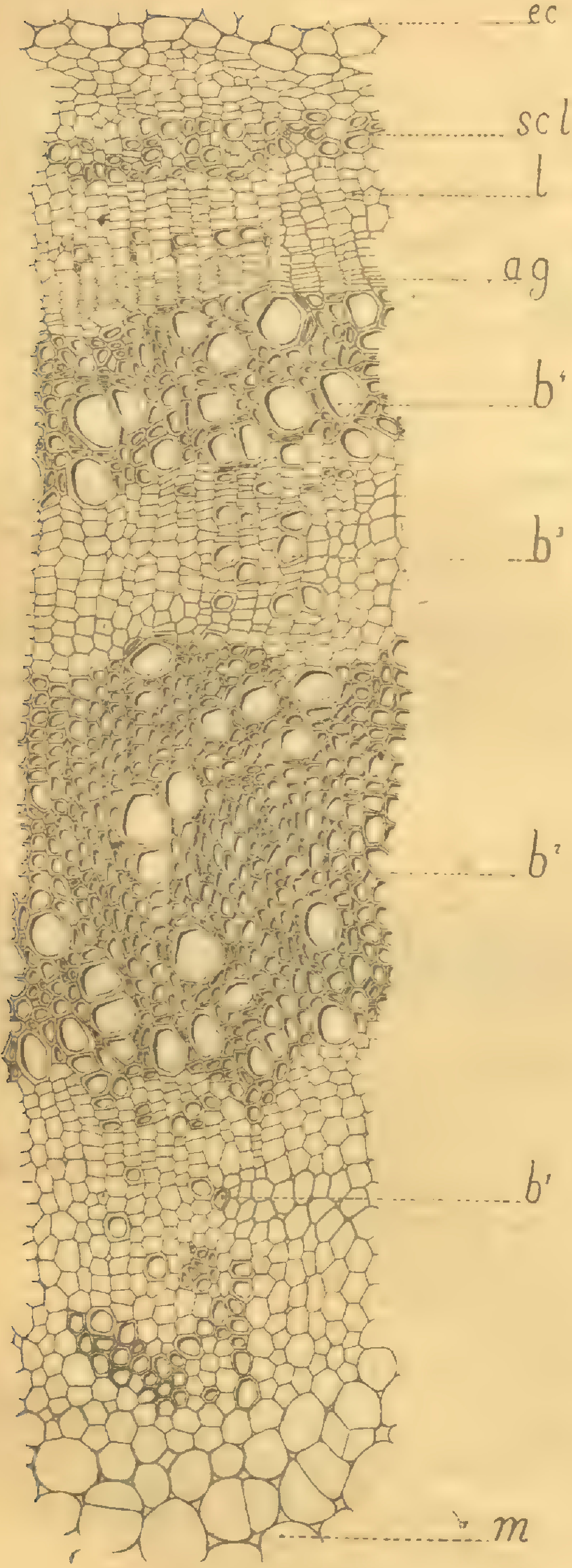


Fig. 1. — *Artemisia vulgaris*. — Rhizome. b^1, bois formé pendant la période de croissance souterraine; b^2, bois formé pendant la naissance de la première tige aérienne ; b^3, bois formé entre la destruction de la première tige aérienne et la naissance de la seconde ; b^4, bois formé pendant la naissance de la seconde tige aérienne, époque à laquelle le rhizome a été récolté ; *m*, moelle ; *ec*, écorce; *ag*, assise génératrice; *l*, liber ; *scl*, sclérenchyme libérien. Gr. = 125.

donné successivement deux tiges aériennes et récolté pendant la croissance de la seconde. A la partie interne de l'anneau ligneux, on remarque en b^1, une première zone constituée par un parenchyme cellulosique dans lequel sont disséminés quelques vaisseaux de calibre assez petit, de 18 à 20 µ de diamètre en moyenne ; à la partie la plus interne, quelques éléments de ce parenchyme sont lignifiés. Cette zone correspond à la phase de croissance souterraine du rhizome et à celle du développement des premières feuilles aériennes en l'absence de racines sur le rhizome. Au dessus vient, en b^2, une zone qui diffère profondément par sa structure de la précédente : elle est constituée par un tissu vasculaire identique à celui que l'on rencontre dans les tiges aériennes, formé par des vaisseaux de gros calibre (30 à 40 µ de diamètre) accompagnés d'un parenchyme entièrement lignifié ; ce bois a été formé pendant la croissance de la première tige aérienne et le développement des racines adventives sur le rhizome. La zone suivante, b^3, correspond à la période comprise entre la destruction de la première tige aérienne et le début du développement de la seconde ; ses caractères sont identiques à ceux de la zone b^1. Enfin, en b^4, nous retrouvons une zone ligneuse qui correspond au développement de la tige aérienne actuelle et dont les caractères sont identiques à ceux de la zone b^2. Nous voyons ainsi qu'il s'établit dans le rhizome une alternance de structure, alternance qui se poursuivra tant que la portion considérée du rhizome n'aura pas été détruite. Les fonctions et le mode de vie du rhizome sont périodiquement modifiés : tantôt il forme la base souterraine d'une tige aérienne capable d'assimiler et de transpirer et à laquelle il conduit la sève brute puisée dans le sol par les racines adventives dont il est pourvu, tantôt il constitue un organe entièrement souterrain, dépourvu d'assimilation chlorophyllienne, ayant un pouvoir de transpiration très réduit et accroissant ses tissus aux dépens des éléments de réserve qu'il renferme. C'est à ces deux modes de vie que correspondent les structures que je viens de décrire.

Nous sommes ici en présence de faits qui offrent une certaine analogie avec les couches alternantes du bois des tiges aériennes et qui sont connues sous les noms de *bois de printemps* et de *bois d'automne* et peuvent, comme ces dernières, renseigner sur l'âge de l'organe considéré. Mais, tandis que les couches saisonnières des tiges aériennes sont directement sous l'influence des conditions climatériques, celles que je viens de décrire ne le sont qu'indirectement, par suite de la présence ou de l'absence d'une tige aérienne ; et d'ailleurs il arrive fréquemment qu'une portion de rhizome passe par deux de ces phases dans le courant d'une même saison, par exemple si un rhizome est formé au mois de juillet donne une tige aérienne pendant le mois d'août. Le nombre de ces zones ligneuses à structures différentes peut donc nous indiquer d'une façon précise le nombre de tiges aériennes qu'a donné le rhizome, mais non le nombre d'années qu'il a vécu.

REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE

PARUS DE 1897 A 1902 (*Fin*).

Les travaux sur la tige des Filicales sont particulièrement nombreux sans qu'il s'en dégage rien de bien décisif au point de vue général, malgré les efforts des observateurs.

Chez les Osmondacées, FAULL (1) trouve un anneau de bois avec liber interne et externe. Cet anneau est interrompu au-dessus du départ de la trace foliaire, ce qui le découpe en cordons vasculaires ou stèles. Dans *Osmunda cinnamomea*, il y a un endoderme interne en continuité avec l'endoderme externe. Les autres espèces, *Osmunda regalis*, *O. Claytoniana*, *Todaea barbata*, *T. superba*, forment une série qui nous fait assister à la disparition progressive de l'endoderme interne et à la localisation du liber interne sur les bords des cordons vasculaires. puis à la disparition de ce liber.

Dans *Pteris aquilina* (BAYER, 2), dans *Pteris Karsteniana* et divers *Dicksonia*, (GWYNNE-VAUGHAN, 3), les stèles internes se détachent de l'anneau extérieur, qui représenterait par suite le cercle normal de cordons vasculaires.

La tige jeune d'*Angiopteris evecta* et de quelques autres Marattiacées (FARMER et HILL, 4) présente un unique cordon vasculaire axile, constitué d'une masse centrale de bois entourée d'un anneau libérien. Plus haut ce cordon se transforme en un anneau libéroligneux entourant un parenchyme central dans lequel courent des cordons de trachéides.

Même cordon axile à l'état jeune, chez *Danaea simplicifolia* et autres Marattiacées (BREBNER, 5), mais il se convertit directement en un réseau à double liber (les brèches foliaires étant très larges) sans passer par le stade de tube continu à double liber. Le parenchyme central est traversé par un cordon provenant du cercle de stèles et s'anastomosant par places avec ces stèles. On arrive ainsi progressivement à la structure définitive. L'auteur déclare qu'il faut abandonner la théorie des stèles. A noter que le développement du liber est centrifuge, ainsi que l'a dit Miss **Shove** (1) pour l'*Angiopteris*; les premiers éléments libériens qui apparaissent ne sont pas les cellules criblées périphériques, mais au contraire les plus voisines du bois.

---

(1) Faull : *The anatomy of Osmundaceae.* (Bot. Gaz., t. 32, 1901. — Univ. of Toronto Studies, Biolog. Series, 1902).

(2) Bayer : *Rhizom von Pteris aquilina.* (Bot. Centrbl., 1901).

(3) Gwynne-Vaughan : *Some obs. upon the vascular anatomy of the Cyatheaceae* (Glasgow meeting Brit. Assoc. — Ann. of Bot., t. 15, 1901).

(4) Farmer and Hill : *On the arrangement and structure of the vascular strands in Angiopteris evecta and some other Marattiaceae.* (Ann. of Bot., t. 16, 1902).

(5) Brenner : *On the anatomy of Danaea and other Marattiaceae.* (Ann. of Bot., 1901, 1902).

Lutz (2) décrit l'origine des canaux gommifères des Marattiacées

Boodle (3), dans une série de mémoires, nous fait connaître l'anatomie comparée des Hyménophyllées, des Schizéacées et des Gleichéniacées.

Jeffrey (4) décrit aussi diverses Ptéridophytes et, comparant les faits acquis, en conclut à l'existence de deux types de structure : le cordon vasculaire axile, plein, concentrique, sans moelle (type primitif) et le tube vasculaire entourant une moelle dérivée du tissu fondamental, tube interrompu de brèches, plus ou moins larges, qui le découpent en réseau. Les éléments de ce réseau ont d'abord liber externe et liber interne, ils deviennent collatéraux par réduction et nous arriverions ainsi à la structure des Phanérogames. Les brèches du tube vasculaire sont déterminées soit par la sortie des rameaux (Lycopodiales et Equisétales, dont l'auteur fait un premier groupe : les Lycopsidées), soit à la fois par le départ des rameaux et des feuilles (Filicales, Phanérogames ; groupe des Ptéropsidées).

Tels sont les faits principaux révélés au cours de la période embrassée par cette revue. Nous avons accordé une place prépondérante aux phénomènes concernant la cellule et la fécondation, ainsi qu'aux conceptions sur la structure générale du corps des plantes vasculaires, ces sujets plus controversés étant volontiers laissés de côté dans les ouvrages généraux où l'auteur suit d'ordinaire une théorie sans se préoccuper des autres manières de voir.

---

(1) Shove : *On the structure of the stem of Angiopteris evecta.* (Ann. of Bot., t. 14, 1900).

(2) Lutz : *Sur l'origine des canaux gommifères des Marattiacées.* (Journ. de Bot., t. 12, 1898).

(3) Boodle : *Comparative anatomy of the Hymenophyllaceae, Schizeaceae and Gleicheniaceae.* (Ann. of Bot., 1899-1900-1901).

(4) Jeffrey : *The anatomy and development of the stem in Pteridophyts and Gymnosperms.* (Proc. R. Soc. London, t, 69, 1901. — Ann. of Bot., t. 15, 1901).

H. **Ricôme.**

REVUE DES TRAVAUX
SUR LES CHAMPIGNONS
PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES
parus de 1898 à 1906

LES PHÉNOMÈNES DE SEXUALITÉ D'APRÈS LES TRAVAUX RÉCENTS

Le problème de la sexualité dans les champignons a suscité, dans ces derniers temps, un très grand nombre de recherches. Les progrès de la technique moderne et le perfectionnement des méthodes de fixation et de coloration en histologie ont permis de montrer, pour les animaux et pour les plantes supérieures, que sous le phénomène grossier et d'apparence purement extérieure de l'union de deux cellules mâle et femelle se cachait toute une série de processus cytologiques, compliqués et délicats, intéressant à la fois les noyaux et les protoplasmes des cellules parentes et aboutissant à la formation d'un œuf, cellule nouvelle, à propriétés bien spéciales et à caractères cytologiques bien déterminés. L'intérêt de ces découvertes, très captivantes en elles-mêmes, s'est considérablement accru du fait qu'on a tenté de trouver dans ces phénomènes une explication des lois de l'hérédité, beaucoup mieux connues aujourd'hui, mais demeurées sans interprétation jusqu'à ce jour.

Les champignons sont restés longtemps en dehors du cadre de ces recherches à cause des difficultés de leur étude dues à la petitesse souvent excessive des éléments cytologiques et surtout des noyaux. On s'en tenait à l'étude des phénomènes extérieurs de la sexualité pour les groupes où ces phénomènes sont nets et hors de toute contestation c'est-à-dire pour les Phycomycètes ; pour ceux où ils sont moins évidents, comme dans les Ascomycètes, ou même totalement absents comme dans les Basidiomycètes, les Cryptogamistes adoptaient ou rejetaient, suivant leurs goûts, l'une ou l'autre des deux théories opposées de de Bary d'une part, de Brefeld et Van Tieghem d'autre part.

Le succès des recherches cytologiques appliquées aux phénomènes de sexualité chez les animaux et les plantes supérieures ont cependant provoqué des recherches du même ordre dans les Champignons et l'on a trouvé un certain nombre de types favorables qui, les perfectionnements techniques aidant, ont permis de les étudier avec autant de détail et de précision que pour les plantes supérieures.

Ce sont ces résultats que nous nous proposons d'exposer ici. Comme toujours, lorsqu'il s'agit d'une question nouvelle et présentant un grand intérêt scientifique, les recherches sont nombreuses, touffues et quelquefois contradictoires. Pour plus de clarté dans leur exposé nous les relaterons en suivant l'ordre de la classification, sans toutefois nous astreindre dans chaque groupe naturel à suivre l'ordre chronologique qui ne concorde pas toujours avec le développement méthodique et rationnel d'une question.

Les recherches cytologiques sur les phénomènes internes qui ont trait à la sexualité des champignons n'ont pas fait négliger non plus l'étude des phénomènes de morphologie externe relatifs à cette question.

De même, on a approfondi l'étude de l'influence des agents extérieurs et des conditions de milieu qui provoquent l'apparition de la sexualité. Ces travaux, pour être moins nouveaux que les travaux de cytologie, n'en ont pas moins une grande importance pour la connaissance plus exacte de l'acte sexuel. Nous les exposerons en même temps que les précédents.

I. — **Phycomycètes.**

1° Chytridinées. — Les travaux sur la sexualité dans les Chytridinées sont assez peu nombreux. Seul, le *Polyphagus Euglenæ* est bien connu aujourd'hui à ce point de vue. Nowakowski (1877) a autrefois décrit avec beaucoup de soin et d'exactitude les phénomènes de morphologie externe qui président à l'union de deux individus, mais les phénomènes intimes de la fécondation étaient restés inconnus jusqu'à ces derniers temps.

Ils ont été suivis pour la première fois par Wager (1). D'après lui les éléments unicellulaires de ce champignon sont uninucléés. Ce sont toujours deux cellules voisines et de taille différente qui contribuent à la formation de l'œuf. La plus petite (individu mâle) envoie vers la plus grosse (individu femelle) une sorte de pseudopode qui se renfle à son contact. Le protoplasme et le noyau du mâle passent d'abord dans ce renflement et ultérieurement le protoplasme et le noyau de l'individu femelle. Il y a mélange des protoplasmes, et les deux noyaux s'accolent sans se fusionner. Le noyau mâle, primitivement moins gros et moins facilement colorable, acquiert bientôt la même taille et la même colorabilité que le noyau femelle. L'œuf entre alors en repos. Ce n'est que beaucoup plus tard, au moment de la germination et à l'intérieur du sporange, que s'opère la fusion des deux noyaux copulateurs.

Les Chytridinées nous fournissent donc un exemple de l'indépendance des deux stades, fusion des protoplasmes et fusion des noyaux, qui sont ordinairement confondus dans le phénomène de la fécondation. Ce cas n'est pas isolé dans les Champignons ; nous le retrouverons pour *Basidiobolus* (EIDAM, CHMIELEWSKI, RACIBORSKI) et on peut en rapprocher les Urédinées et tous les Basidiomycètes où la juxtaposition de deux noyaux se poursuit à travers de nombreuses divisions. Il en est de même, d'après KLEBAHN, pour les Conjuguées et le fait se retrouve dans les animaux (*Ascaris* d'après VAN BENEDEN, *Cyclops* d'après RUCKERT). Il s'agit donc là d'un processus fréquent chez les êtres vivants et il importerait d'en vérifier la généralité chez les Chytridinées.

---

(1) H. Wager : *The sexuality of the Fungi*. Ann. of Bot., XIII, p. 29-55, 1899.

Peu après Wager, DANGEARD (1) publie un long mémoire sur le *Polyphagus Euglenæ*. Il confirme dans leur ensemble les principaux résultats de WAGER et les précise par de nombreuses figures ajoutées au texte ou réunies dans deux planches. Pour DANGEARD, la différence de taille entre l'individu mâle et l'individu femelle provient surtout du fait que l'individu mâle peut s'accoupler avant d'avoir atteint tout son développement. Sa description concorde pour le reste avec celle de WAGER. L'individu mâle envoie vers la femelle un pseudopode que l'auteur considère comme un filament végétatif ordinaire. Après la mise en communication, le protoplasme et le noyau de l'ampoule femelle passent dans le pseudopode qui se renfle. Le protoplasme et le noyau de l'ampoule de l'individu mâle en font autant. Les protoplasmes se fusionnent tandis que les noyaux viennent simplement au contact l'un de l'autre. Le renflement du pseudopode devient alors une véritable zygospore qui entre en repos et s'entoure d'une membrane épaissie, parfois épineuse à la surface.

Dans quelques cas, DANGEARD a vu se faire de véritables kystes différents des zygospores. Ils ne renferment jamais qu'un seul noyau et se produisent quand un individu femelle ne peut rencontrer de pseudopode mâle. Il y aurait alors une véritable parthénogénèse.

---

(1) P. A. Dangeard : *Recherches sur la structure du Polyphagus Euglenæ Nowak. et sa reproduction sexuelle.* Le Botaniste 1900, p. 213-257, 2 pl.

(A suivre). I. GALLAUD.

450 — Lille, imp. LE BIGOT Frères. Le gérant, Ch. TUAL.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), prép. à la Sorbonne.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, agrégé-préparateur à la Sorbonne.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daguillon, professeur-adjoint à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, docteur ès sciences.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), docteur ès sciences.

Gain, professeur-adjoint à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences de l'Université de Genève.

Houard, préparateur à la Sorbonne.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur à l'Université de Lausanne.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kővessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Quito.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Masclef, conservateur des collections botaniques de la Sorbonne.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, maître de Conférences à l'Université de Montpellier.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Morkowine, docteur ès sciences, Marbourg.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (O^{ve}), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Museum.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Juillet 1907

N° 223

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 JUILLET 1907

Pages

I. — RECHERCHES ANATOMIQUES SUR LES HYDATHODES DES LOBÉLIACÉES. NOUVEAU TYPE DE STOMATES AQUIFÈRES, par **M. Tswett** . 305

II. — DE L'INFLUENCE DES COURANTS GALVANIQUES FAIBLES SUR L'ENDOSMOSE CHEZ LES VÉGÉTAUX, par **M. Maurice Thouvenin** 317

III. — ACTION MORPHOGÉNIQUE DE QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES SUR LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS (avec planches et figures dans le texte), par **M. Marin Molliard**. 329

IV. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Gallaud** 350

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

Planche 6. — *Dispositif destiné à montrer l'influence des courants galvaniques sur les végétaux fanés.*

Planche 9. — *Raphanus sativus* L.

Planche 14. — *Hydathodes des Lobéliacées.*

Cette livraison renferme en outre trente figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE

MÉDAILLE D'OR A l'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de **E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

VIENT DE PARAITRE

COURS DE BOTANIQUE

par MM.

G. BONNIER
Membre de l'Institut
Professeur de Botanique à la Sorbonne

LECLERC DU SABLON
Professeur de Botanique
à l'Université de Toulouse

Fascicule IV (2e partie) Prix : 3 Francs

Ce fascicule, comprenant les Cryptogames vasculaires et les Muscinées, commence le second volume du *Cours de Botanique*.

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Grenier et Godron. Flore de France, 1848-56, 3 volumes reliés. . . . . 50 »

Patouillard, N. Tabulæ analyt. fungorum. Descr. et analyses microsc. des champignons nouv. rares ou crit. Fasc. I à VII (tout publié) 1883-89. 2 vols, avec 224 pl. col. rel . . . . 130 »

Zigno A. de. Flora foss. formationis oolithicæ. Padova, 1856-85. 2 tomes, folio av. 224 pl. col. rel. . 75 »

Coincy A. de. Ecloga plantarum Hispanicarum. Séries I-V. (tout publié) 1893-1901. 5 part. folio avec 59 pl. en cart . . . . 65 »

Reichenbach H. Xenia Orchidacea. Beitraege zur Kenntniss der Orchideen. Lpg. 1858-1900. 3 vols 4° avec 300 pl. la plupart coloriées . . . . 200 »

Bulliard P. Herbier de la France. Hist. des champignons tome I, 1791, 4 pl. n. x. col. tome II, par *Ventenat*, 1812 (moins les pages 509 à 529). Plantes vénéneuses. Dict. de botanique et 602 pl. col. et 12 tabl. rel. 1/2 bas. rac. en 5 vols 4°. (q. q. pl. *mouillées*). . . . 650 »

Koch, W. Synopsis floræ Germanicæ et Helveticæ. Ed. II. Lipsiæ. 1843-45. 1104 p. rel. . . . . . . 20 »

Boreau A. Flore du Centre de la France. IIIe édit. 1857, 2 vols . . . . 35 »

Naudin. Les plantes à feuillage coloré 1874, 2 vols. avec 120 fig. et 121 pl. col. rel. . . . . 50 »

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRESENTANT

Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (Ve)

Prix : *franco*, broché. . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes

PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS

TÉLÉPHONE 729-27

Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères. Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant $1^{m}40 \times 0^{m}90$, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

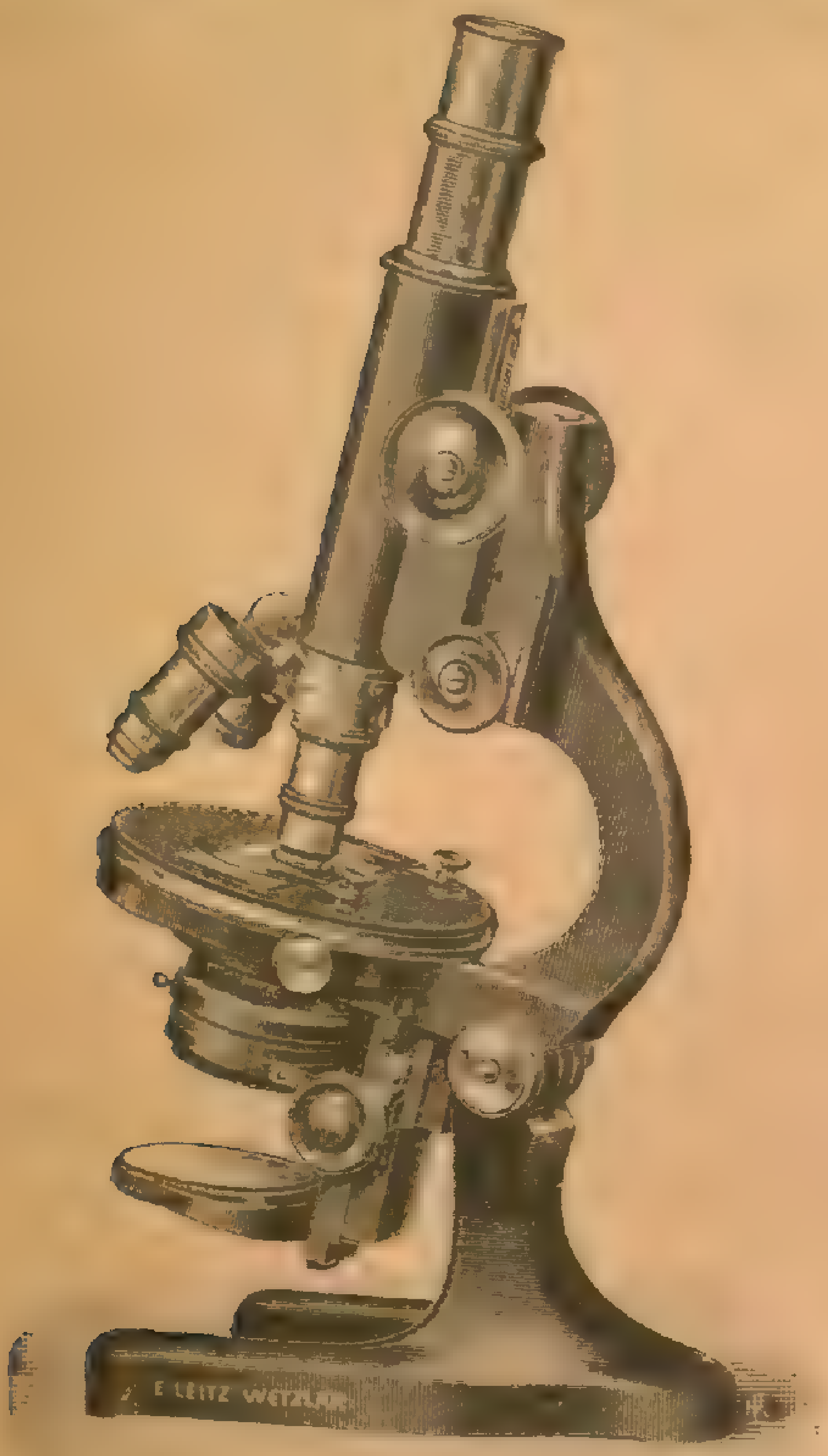
Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45
LONDRES
9-15, Oxford Str.
NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64
SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11
CHICAGO
32-38, Clark Street



Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.)

Société Anonyme

A. Lumière et ses Fils

LYON

◆

Plaques, Papiers

Pellicules (Procédé Planchon)

Produits Photographiques

◆

GRANDS-PRIX, Paris 1889 et 1900
HORS CONCOURS — MEMBRE DU JURY
St-Louis, 1904. Liège, 1905. Milan. 1906

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

RECHERCHES ANATOMIQUES

SUR LES

HYDATHODES DES LOBÉLIACÉES

NOUVEAU TYPE DE STOMATES AQUIFÈRES

par M. TSWETT

(Planche 14).

Il y a quelques années, au cours d'excursions estivales dans les environs de Saint-Pétersbourg, du côté finlandais, notre attention fut attirée par une petite *Lobéliacée* aquatique, le *Lobelia Dortmanna*, répandue dans les lacs de l'Europe septentrionale (1) et dont les feuilles, pourvues d'hydathodes proéminentes, fournissent, en atmosphère humide, une abondante sécrétion. L'examen microscopique de ces hydathodes nous révéla des stomates aquifères d'aspect tout à fait insolite. L'étude détaillée de ces formations, entreprise sur notre conseil par M$^{\text{elle}}$ B. Fomina, au Laboratoire Biologique de Saint-Pétersbourg, fut continuée par M. R. Krzesimowski, étudiant à l'Université de Varsovie, dont les observations, contrôlées, complétées et approfondies par nous, forment la base de la présente communication.

Les hydrostomates du nouveau type s'étant retrouvés chez d'autres espèces du genre *Lobelia*, il devenait intéressant de rechercher leur dispersion dans la famille des *Lobéliacées* et dans les groupes affines. Cette étude fut confiée à un autre étudiant de l'institut phytophysiologique de l'Université de Varsovie, M. C. Flachsberger, et les résultats en seront consignés ici même.

---

(1) Pour les habitats français, voy. Gadeceau, *Journ. de Bot.*, 1898, n$^{\text{os}}$ 19-20, et *Bull. de la Soc. bot. de France*, 1898.

HYDATHODES DU LOBELIA DORTMANNA L.

Les feuilles du *Lobelia Dortmanna* L., rappelant celles d'*Isoetes*, sont groupées en rosette basilaire, d'où s'échappent de nombreuses racines adventives. Linéaires, longues de quelques centimètres, ces feuilles sont aplaties en dessous, bombées sur la face supérieure et leur extrémité s'incurve légèrement vers le bas. La marge foliaire est entière, sauf vers l'apex, où elle présente un certain nombre de saillies (Pl. 14, fig. 1) en forme de pulvinules incolores qui sont des glandes aquifères.

A l'intérieur, la feuille est tubuleuse, pourvue de deux larges canaux aérifères séparés par une lame de parenchyme normale au plan de l'organe et qui renferme le faisceau vasculaire principal. Celui-ci se ramifie abondamment vers le sommet en formant un réseau dont plusieurs branches terminales se rendent au dessous des émergences aquifères signalées plus haut (fig. 2). L'épiderme foliaire est pourvu de stomates normalement constitués, en relation avec les espaces intercellulaires du parenchyme chlorophyllien hypodermique, lesquels communiquent à leur tour avec les canaux aérifères longitudinaux de la feuille.

Les émergences marginales de la feuille du *L. Dortmanna* ont été signalées il y a quelque 40 ans déjà par Buchenau qui les a décrites comme constituées par un tissu de petites cellules à contenu mucilagineux et trouble ; les stomates aquifères dont ces émergences sont pourvues ont échappé à son attention.

M. Max von Minden (1) qui, plus récemment, a étudié les hydathodes du *L. Dortmanna*, décrit un épithème nettement délimité, à cellules de forme irrégulière pourvues de multiples protubérances, le tout recouvert d'un épiderme renfermant quelques grands stomates largement ouverts.

Les émergences (Zähnchen) sont souvent brunies. Des portions plus ou moins considérables d'épithème, avec quelques stomates afférents brunissent ordinairement de bonne heure et subissent parfois une dégénérescence gommeuse.

---

(1) M. v. Minden, *Beiträge zur anatom. u. physiol. Kenntniss Wasser-Secernierender Organe*, Bibliotheca botanica, Heft 46 (1889).

Nous pouvons confirmer en tous points les observations de Buchenau et de Minden en ce qui touche l'épithème et la présence de stomates sur les hydathodés du *L. Dortmanna*. Mais nous allons voir que ces stomates, bien différents des classiques hydrostomates largement ouverts, représentent un type aussi nouveau qu'intéressant.

L'épiderme à cellules pavimenteuses recouvrant les hydathodes du *L. Dortmanna* est protégé par une cuticule bien développée (1), se colorant par les réactifs spéciaux de la cutine (bleu de quinoléïne, alkanine, soudan, chrysoïdine). Par ces caractères, l'épiderme hydathodique ne se distingue en rien de celui qui recouvre les autres parties de la feuille. Par contre, l'épiderme de l'hydathode présente un certain nombre de stomates aquifères soit solitaires, soit adjacents par deux ou trois. Vus de face, ces stomates ont un aspect tout à fait caractéristique, surtout dans les préparations ayant subi une teinture différentielle, telle, par exemple, qu'en fournit l'excellent réactif genevois de M. Chodat (Solution légèrement ammoniacale de congo et de chrysoïdine) (2).

L'ostiole apparaît divisée en deux moitiés semi-circulaires par une cloison épaissie, cutinisée, formant le prolongement des cloisons mitoyennes des deux cellules stomatiques (fig. 3).

A l'examen de sections transversales, il appert que l'ostiole est réellement cloisonnée par un septum cunéiforme, fortement cutinisé, se prolongeant de part et d'autre jusqu'à la membrane anticline délimitant le groupe des cellules stomatiques jumelles.

Par la macération (méthode de Mangin : alcool acide et NH_3), M. Flachsberger a pu dissocier les deux cellules stomatiques ainsi que le septum. Ce dernier prend les réactifs de la cutine et refuse ceux du ligneux (phloroglocine + HCl, réaction au permanganate de M. Maüle [3]). Les anticlines internes délimitant l'ostiole sont dépourvues de revêtement cutineux et dans plusieurs cas nous avons vu nettement la cuticule se poursuivre au dessus de l'ostiole, déterminant ainsi une occlusion en apparence complète. Sur ce point, et sur le problème physiologique qui en découle, nous reviendrons plus loin.

---

(1) L'anatomie foliaire du *Lobelia Dortmanna* (cuticule, stomates), assure comme on le voit à cette plante la faculté d'une existence amphibie. Il peut arriver que, par suite du retrait des eaux, des populations entières de l'espèce se trouvent à découvert. M. Gadeceau (*Journ. de Bot.*, 1898, N° 19-20) au lac de Grand-Lieu, près de Nantes, en a trouvé jusqu'à une distance de 25 m. du rivage.

(2) Chodat : *Archives des Sc. phys. et nat. Genève*, t. 25 (1891), p. 465, et t. 29 (1893), p. 166.

(3) C. Maüle : Das Verhältniss verholzten Membranen gegen Kaliumpermanganat, eine Holzreaktion neuer Art. (*Fünfstück's Beiträge zur wissensch. Bot.*, IV (1901) p. 166. — F. Faber : Zur Verholzungsfrage (*Ber. d. Deutsch. botan. Gesell.*, 22 (1904), p. 177).

L'épithème, ainsi que l'ont vu nos prédécesseurs, est constitué par un tissu dense de petites cellules à contour très irrégulier, moruliformes, et reçoit à sa base quelques pinceaux de vaisseaux spiralés.

HYDATHODES DU LOBELIA SPLENDENS Willd.

Les observations consignées dans le paragraphe précédent ont été faites exclusivement sur du matériel conservé à l'alcool. Pour le *Lobelia splendens* nous avons disposé en abondance soit de feuilles vivantes, soit de matériel alcoolique.

Les feuilles caulinaires adultes de cette espèce portent sur leur marge dentée jusqu'à 150 hydathodes de dimensions diverses desservies par des rameaux vasculaires (fig. 5). Translucides dans la jeune feuille, elles sont pour la plupart opaques, aérifères dans la suite. Elles offrent alors à l'œil l'aspect de ponctuations blanches sur le bord de la feuille. Elles font saillie sur la face supérieure de la feuille.

Leur côté inférieur est supporté en partie par le parenchyme chlorophyllien de la feuille et seule l'extrémité distale, légèrement saillante sur la marge foliaire, apparaît librement quand on considère la feuille du côté inférieur. L'épiderme de l'hydathode, recouvrant un épithème développé, se montre supérieurement formé par des cellules à anticlines fortement sinueuses, parmi lesquelles se détachent 5—20 stomates aquifères, constitués exactement comme il a été dit pour le *L. Dortmanna* (fig. 6-8). L'épiderme de la face inférieure de l'hydathode est, en règle générale, dépourvu de stomates aquifères et les anticlines cellulaires n'en sont pas sinueuses. Les cellules hydrostomatiques renferment des chloroplastes pâles et de l'amidon. Sur le vivant, le contour extérieur de chaque diade stomatique apparaît sensiblement circulaire, tandis qu'au niveau interne il est approximativement polygonal et d'un moindre diamètre (fig. 7). Le septum stomatique, considéré dans le plan de l'épiderme, apparaît fusiforme renflé, au milieu, à contour parfois accidenté. Il se colore fortement par la chrysoïdine, le soudan, le bleu de quinoléine, les chlorures de zinc ou de calcium iodés, et reste incolore dans le sulfate d'aniline et la phloroglucine additionnée d'acide chlorhydrique. Ainsi que la cuticule, il résiste à l'acide sulfurique concentré.

L'ostiole — nous voulons parler de l'ensemble des deux ostioles séparées par le septum — apparaît toujours circulaire dans les hydathodes jeunes ; dans la feuille adulte, elle affecte fréquemment une forme elliptique plus ou moins allongée dont le grand axe coïncide avec le plan du septum.

L'ostiole est-elle ouverte ou bien tendue de cuticule ainsi que nous l'avons remarqué chez le *L. Dortmanna* ? Nous nous sommes attaché à élucider ce point délicat par une série de méthodes. Tout d'abord, dans les sections transversales au microtome que nous avons examinées, nous avons toujours vu la cuticule épidermique se poursuivre au dessus de l'ostiole (fig. 4), mais nous n'attachons pas beaucoup d'importance à cette preuve, le nombre des stomates observés ayant été limité, eu égard à la difficulté d'obtenir des sections convenables. Cependant, l'occlusion cuticulaire de l'ostiole se confirme par les observations et expériences suivantes.

Si l'on considère les stomates de face, à l'aide d'un fort grossissement, on peut observer dans le champ de l'ostiole, au niveau de la cuticule épidermique, des granulations immobiles semblables à celles qui se trouvent en dehors de ce champ. Vient-on à traiter les hydathodes par des agents déshydratants tels que la glycérine, l'hydrate de chloral de Meyer, le chlorure de zinc iodé, l'acide sulfurique, il se produit une contraction du tissu, et la cuticule, incapable de la suivre, se plisse (phénomène analogue à celui de la formation des « points de Caspary » dans l'endoderme radical). On peut alors fréquemment observer des stries traversant de part en part l'ostiole stomatique et manifestant ainsi la présence d'une pellicule operculaire. Celle-ci est également visible quand on considère de face une hydathode lacérée à l'aide d'un rasoir : la blessure a-t-elle intéressé convenablement un hydrostomate, le bord réséqué de la cuticule supraostiolaire apparaît nettement. Examinée dans son plan, la cuticule teintée à la chrysoïdine ou au bleu de quinoléine paraît faiblement colorée et la cuticule ostiolaire encore moins. On obtient une meilleure coloration par les réactifs iodés.

On peut encore démontrer l'occlusion générale de nos hydrostomates par des expériences de diffusion. Des fragments de feuilles fraîches de *Lobelia splendens* immergés durant plusieurs heures dans une solution aqueuse de Congo à 0,2 °/₀ conservent leurs hydathodes et leurs hydrostomates incolores, tandis que le tissu avoisinant la blessure se colore fortement. Le matériel alcoolique se conduit de même, mais si on le traite préalablement par l'eau de Javel, les hydathodes se colorent rapidement en commençant par les stomates. Des feuilles fraîches exposées à l'air libre pendant quelques heures afin d'y créer par marcescence un potentiel osmotique libre, et placées dans une solution diluée d'encre de Chine (Günther Wagners flüssige Perl-Tusche), reprennent au bout de quelques heures leur turgescence mais n'absorbent pas de pigment dans leurs hydathodes. Des fragments de feuilles fraîches immergés pendant quelques heures dans une solution de ferrocyanure de potassium à 10 °/₀, puis lavés à grande eau et placés dans une solution de chlorure ferrique se colorent fortement sur le pourtour de la blessure, tandis que les hydathodes et leurs stomates demeurent, sauf rares exceptions, parfaitement incolores. Cependant on s'assure en blessant les hydathodes au contact du sel ferrique qu'elles renferment bien le ferrocyanure nécessaire à la formation du bleu de Prusse.

On sait que le protoplasme vivant ou même désorganisé jouit de la propriété de décomposer le dioxyde d'hydrogène, faculté que l'on attribue à un enzyme spécial, la catalase. Or, si l'on immerge des feuilles jeunes de *Lobelia splendens* dans « l'eau oxygénée officinale » on n'observe de dégagement d'oxygène que sur de rares hydathodes, tandis que la moindre blessure provoque une vive effervescence.

Voilà donc un faisceau de preuves démontrant l'occlusion générale sinon universelle de nos stomates aquifères.

Quelques mots encore touchant l'histogénie et la tératologie de ces curieux organes.

Les hydrostomates du *Lobelia splendens* se forment de très bonne heure dans la feuille. Alors que celle-ci est encore à l'état de minuscule rudiment, sa marge sinueuse se montre garnie d'hydathodes occupant chacune la presque totalité d'une des protubérances marginales presque contiguës. La différenciation de ces hydathodes se fait dans le sens basifuge ainsi que le développement du limbe foliaire. Alors que les tissus environnants sont encore à l'état embryonnaire et que les pneumostomates se forment à peine, l'hydathode se montre pourvue d'un épiderme à anticlines déjà sinueuses et de stomates aquifères largement béants, dont le diamètre est égal à celui qu'il affecte dans la feuille adulte. Ainsi, dans une jeune feuille de 3 millimètres de long sur 2 de large, nous avons trouvé, pour le diamètre des hydrostomates, une moyenne de 30 microns, tandis que les stomates aérifères avoisinants de la face inférieure de la feuille mesuraient seulement 17 μ de diamètre. Dans la feuille adulte, les deux catégories de stomates affectent un diamètre sensiblement égal.

Les stomates aquifères se forment par cloisonnement diamétral d'une cellule mère arrondie, épaississement de la cloison en son milieu et formation subséquente de part et d'autre d'une ostiole semi-circulaire.

Outre les stomates aquifères normaux précédemment décrits, nous avons observé à plusieurs reprises des formations de nature évidemment tératologique : stomates possédant une seule ostiole semi-circulaire (hémiostiole) au lieu de deux, stomates dont l'ostiole était obstruée par une substance réfringente de nature inconnue. Un de ces derniers est représenté en section transversale (fig. 10).

HYDATHODES DU LOBELIA FULGENS Willd.

Les feuilles rouges de cette espèce présentent une cinquantaine d'hydathodes plus ou moins proéminentes sur la face supérieure de l'organe et situées parfois au fond de sinuosités de la marge foliaire. L'épiderme supérieur de l'hydathode a des anticlines sinueuses, contrairement au reste de l'épiderme recouvrant le côté supérieur de la feuille. Les cellules épidermiques de l'hydathode renferment de l'érythrophylle (1) (anthocyane). Celle-ci ne fait défaut que dans les cellules des stomates, organisés comme il a été dit pour les espèces précédentes, et qui apparaissent élégamment, tels des lucarnes lumineuses sur le fond rouge obscur de l'hydathode. Nous n'avons jamais observé d'air dans les espaces intercellulaires de l'épithème; les hydathodes sont toujours translucides.

---

(1) Le respect de la priorité aussi bien que les convenances logiques exigent que l'on réserve ce terme d'érythrophylle, introduit par Sorby en 1871 (*Quarterly Journ. of microsc. Science* XI) pour désigner la ou plutôt les substances dissoutes en rouge dans le suc cellulaire et que l'on comprend généralement sous l'appellation moins rationnelle d'anthocyane. La substance désignée plus tard (en 1877) par Bougarel (*Bull. Soc. chim. de Paris*, XXVII, p. 442) sous le nom d'érythrophylle n'est autre que la carotine d'Arnaud, substance qui n'a rien à voir dans la coloration rouge des feuilles.

Immergées dans l' « eau oxygénée » officinale, les hydathodes du *L. fulgens*, sauf rares exceptions, ne fournissent pas de dégagement gazeux.

DISPERSION DES STOMATES AQUIFÈRES SEPTÉS DANS LA FAMILLE DES *LOBÉLIACÉES*.

LEUR ABSENCE DANS LES FAMILLES VOISINES.

L'étude de la dispersion des stomates aquifères du nouveau type dans la famille des *Lobéliacées* et dans les groupes voisins a été faite, comme nous l'avons dit, par M. C. Flachsberger (1) qui put, grâce à l'obligeant intermédiaire de M. le professeur Iwanowski, disposer de matériaux d'herbier provenant du Muséum Botanique de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg. Y compris les espèces spécialement étudiées par nous, vingt *Lobéliacées* ont été examinées, dont voici la liste :

Centropogon surinamensis Presl., *Cyanea Grimesiana* Gaudich., *Delissea angustifolia* Cham., *Downingia elegans* Lindl., *Heterotoma lobelioides* Zucc., *Isotoma axillaris* Lindl., *Isotoma longiflora* Presl., *Laurentia Michelii* DC., *Lobelia bicolor* B., *Lobelia Dortmanna* L., *Lobelia Erinus* L., *Lobelia Feuillii* Don, *Lobelia fulgens* Willd., *Lobelia splendens* Willd., *Lobelia syphilitica* L., *Lobelia urens* L., *Lysipoma glanduliferum* Schl., *Piddingtonia nummularis* DC., *Rhizocephalum pumelium* Wedd., *Syphocampylus Berterianus* G. Don.

Les hydrostomates septés se sont retrouvés dans tous les cas, sauf un, celui de *Downingia elegans*, qui ne constitue pas à proprement parler une exception, car on n'a disposé que de quelques bractées dont la marge paraissait bien pourvue d'hydathodes, mais où il fut impossible de déceler des hydrostomates quelconques.

---

(1) M. Flachsberger a déjà publié un compte-rendu de ses recherches dans *Sitzungsber. d. Naturf. Ges. bei d. Univ. Dorpat*, Bd. XV (1906), n° 3. L'article, redigé en langue russe, est accompagné d'un résumé allemand où l'auteur a négligé de signaler que la découverte des hydrostomates septés nous appartient à nous.

Dans tous les autres cas, les hydathodes étaient pourvues de stomates aquifères localisés presque exclusivement sur la face supérieure, et l'épiderme correspondant possédait des anticlines sinueuses (exceptions : *Lob. Dortmanna, Delissea augustifolia* et *Lysipoma glanduliferum*).

Les hydathodes du *Lobelia Dortmanna* ont été déjà, comme nous l'avons vu, examinées par Buchenau et par M. von Minden. Celles du *Lobelia syphilitica*, ont été étudiées par M. Otto Spanjer (1). Cet auteur (p. 55) signale un épithème à cellules ordinairement lobées, pourvu d'une gaîne, recevant un groupe de trachéides divergentes et recouvert d'un épiderme portant 5-25 stomates aquifères. Pas davantage que ses prédécesseurs M. Spanjer n'a aperçu la structure aberrante des organes qu'il avait sous les yeux.

Le monographe des Lobéliacées dans le grand ouvrage de MM. Engler et Prantl, M. Schönland (2) considère ce groupe systématique avec Bentham et Hooker comme une sous-famille des *Campanulacées*, à laquelle il subordonne également le groupe des *Cyphioidées*. D'autre part les *Campanulacées* présentent des affinités avec les *Goodeniacées* et les *Composées*.

M. Flachsberger a étudié des représentants de ces divers groupes pour y rechercher les stomates aquifères du nouveau type. Voici la liste des espèces examinées :

Campanulacées : *Campanula glomerata* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula sibirica* L., *Hedraeanthus tenuifolius* A. DC., *Phyteuma spicatum* L., *Symphiandra pendula* M. B. — Cyphioidées : *Cyphia bulbosa* L. — Goodeniacées : *Brunonia australis* Sm., *Dampiera stricta* R. Br., *Goodenia grandiflora* Sims., *Leschenaultia biloba* Lindl., *Scaevola Plumieri* Vahl., *Velleia paradoxa* R. Br. — Composées : *Achillea Millefolium* L., *Artemisia scoparia* W. K., *Cichorium Intibus* L., *Chrysanthemum sinense* Sabine.

Plusieurs des espèces énumérées ci-dessus se sont montrées pourvues d'hydathodes foliaires, mais les stomates aquifères en possédaient la structure classique bien connue. Il est donc permis, jusqu'à nouvel ordre, de considérer les hydrostomates septés découverts par nous, comme un caractère taxinomique du groupe des *Lobéliacées* et d'y voir un nouveau type phylétique à mettre en parallèle avec ceux établis par M. Porsch (1).

---

(1) Spanjer, Untersuchungen über die Wasserapparate der Gefässpflanzen, *Botan. Zeit.*, 1898, I Abt, p. 35-81.

(2) S. Schönland, *Campanulaceae* in *Engler Prantls Pflanzenfamilien*, IV, 5 (1897).

CONSIDÉRATIONS PHYSIOLOGIQUES

Des expériences, faciles à répéter, instituées par M. Spanjer (loc. cit.) (*Lobelia syphilitica*), par M. Krzesimowski (*Lobelia splendens*) et par nous-même (*Lobelia Dortmanna* et *splendens*) il ressort que les hydathodes de ces plantes sont des organes propres, dans certaines conditions, à l'excrétion de gouttelettes liquides. Nous avons trouvé cependant que les hydrostomates de ces hydathodes ne sont pas à proprement parler ouverts, puisque leur ostiole est recouverte d'un opercule cuticulaire.

Comment concilier ces faits ? Faut-il voir dans les stomates operculés des organes vierges, n'ayant pas servi à la guttation, dont l'exercice, corrélatif d'une certaine pression hydrostatique dans les espaces intercellulaires de l'épithème entraînerait la rupture de la cuticule (opercule) épiostiolaire : Ou bien l'émission d'eau par les hydathodes se ferait-elle par filtration au travers de la cuticule épiostiolaire intacte, dont la perméabilité serait éventuellement augmentée par l'effet de la tension ?

Dans cette dernière hypothèse, le septum stomatique constituerait un organe de soutien garantissant la cuticule épiostiolaire contre la rupture. La résultante de la pression totale exercée sur l'opercule épiostiolaire serait évidemment équilibrée par les forces de cohésion régnant sur la ligne de contact de la cuticule avec le septum. Le septum jouerait un rôle analogue dans le cas inverse où, par l'effet d'une transpiration insuffisamment compensée par l'adduction d'eau dans l'hydathode, l'opercule épiostiolaire tendrait à s'incurver en dedans. L'intégrité de cet opercule peut seule évidemment garantir l'hydathode contre la possibilité d'une embolie gazeuse dans les intercellulaires aquifères. Il semble, en effet, que la fonction inconnue des hydathodes exige que les intercellulaires de l'épithème soient pleins d'eau.

---

(1) Otto Porsch : Der Spaltöffnungsapparat im Lichte der Phylogenie, Jena, 1905.

Nous avons dit fonction inconnue, car nous nous refusons absolument à admettre que ces organes compliqués, avec leurs épithèmes riches en protoplasme ne soient que de simples émissaires de l'excès d'eau fournis par la racine. Leur formation, que nous avons vue si précoce, nous indique que ces organes doivent jouer un rôle important dans la vie embryonnaire de la feuille. Il appartiendra à l'expérimentation ultérieure de décider laquelle des hypothèses ci-dessus touchant le mécanisme de la guttation correspond à la réalité. On devra s'assurer tout d'abord si dans les hydathodes ayant indubitablement servi à la guttation, les hydrostomates conservent intacts leurs opercules épiostiolaires.

L'observation microscopique, secondée d'expériences de diffusion variées, dans le genre de celles que nous avons exposées, pourront élucider cette question délicate, étroitement liée à celle, plus intéressante encore, de la fonction physiologique des hydathodes en général.

Quelques mots encore touchant l'interprétation physiologique de la structure anatomique de nos hydathodes. Nous avons vu que dans la plupart des cas les cellules épidermiques de ces hydathodes sont pourvues d'anticlines plus ou moins fortement sinueuses, contrastant en cela avec le reste de l'épiderme recouvrant la face supérieure de la feuille. Ce détail de structure est évidemment en relation avec les fonctions physiologiques des hydathodes, comportant l'établissement périodique à leur intérieur de pressions hydrostatiques plus ou moins considérables. Par suite de l'existence d'intercellulaires sous-épidermiques, il doit en résulter des forces tendant à disjoindre les éléments contigus de l'épiderme, et la sinuosité des anticlines, augmentant les surfaces d'adhérence, constitue un facteur de résistance à ces forces tangentielles.

(*Laboratoire de Physiologie végétale de l'Université de Varsovie*).

EXPLICATION DE LA PLANCHE 14

LOBELIA DORTMANNA L.

Fig. 1. — Extrémité d'une feuille adulte pourvue d'émergences marginales (hydathodes) et montrant, par transparence, le système vasculaire. Gross. 16 diamètres.

Fig 2. — Portion de la marge d'une feuille adulte. Gross. 32/1.

Fig. 3. — Portion de l'épiderme supérieur d'une hydathode montrant les stomates aquifères du nouveau type (hydrostomates septés). Gross. 600/1.

Fig. 4. — Portion de la section transversale d'une hydathode au niveau d'un hydrostomate septé. Gross. 600/1.

LOBELIA SPLENDENS Willd

Fig. 5. — Portion de la marge d'une feuille pourvue d'émergences marginales (hydathodes) et montrant par transparence le système vasculaire. Gross. 20/1.

Fig. 6. — Portion de l'épiderme supérieur d'une hydathode montrant les hydrostomates septés. Gross. 500/1.

Fig. 7. — Hydrostomate septé montrant le contour extérieur (superficiel) et le contour polygonal intérieur du groupe des cellules stomatiques. Gross. 600/1.

Fig. 8. — Portion de la section transversale d'une hydathode au niveau d'un hydrostomate septé. Gross. 600/1.

Fig. 9. — Hydrostomate d'une hydathode traitée par l'hydrate de chloral et montrant des plis cuticulaires traversant l'ostiole. Gross. 600/1.

Fig. 10. — Section transversale d'un hydrostomate dont la double ostiole est obturée par une substance inconnue. Gross. 600/1.

DE L'INFLUENCE

DES

COURANTS GALVANIQUES FAIBLES SUR L'ENDOSMOSE

CHEZ LES VÉGÉTAUX

par M. Maurice THOUVENIN

(Planche 6).

Je résume dans cette première note quelques observations faites récemment.

Je m'étais proposé d'étudier l'influence que pouvait avoir un courant galvanique faible sur la croissance des végétaux ; comme sujets à expérimenter, j'avais pris de jeunes pieds de Lin. Ces pieds provenaient de semis sur couche ; je remarquai qu'après repiquage dans des pots, les jeunes plants souffraient pendant plusieurs jours ; leurs tiges, jusqu'alors bien dressées, se flétrissant dans la partie supérieure, fléchissaient et s'inclinaient vers le sol.

Pour les recherches projetées, je choisis deux jeunes plants repiqués dans un même pot. L'extrémité de la tige de chacun d'eux était attachée, au moyen d'une agrafe en cuivre, au fil d'un auxanomètre à cadran; un contrepoids, destiné à bien tendre ce fil, redressait en même temps la tige du sujet expérimenté. Le fil de l'un des auxanomètres était un fil conducteur très souple relié par son extrémité libre à l'un des pôles d'une pile. Une lame de cuivre, bien décapée, en communication avec l'autre pôle de la pile ou de piles couplées en série, enfoncée dans le sol tout contre le végétal attaché au fil conducteur, permettait de le mettre à volonté sous l'influence d'un courant électrique continu, lorsqu'on fermait le circuit.

L'autre plant était exactement placé dans les mêmes conditions que le premier sauf qu'aucun courant ne pouvait le traverser.

Les auxanomètres employés étaient d'une construction bien trop grossière pour permettre d'aboutir à rien de suffisamment précis ; mais je constatai ce fait, que *toujours*, quand au bout de quelques heures, pour une raison quelconque, je détachais les fils de l'extrémité des tiges, la tige de la plante électrisée restait *désormais* bien dressée, tandis que celle du témoin se courbait aussitôt et reprenait l'aspect qu'elle avait avant la mise en expérience.

M. Molière, chef des cultures du Jardin botanique de l'Université de Besançon, questionné sur la façon dont les jeunes plants de Lin provenant de semis sur couche se comportaient après repiquage, m'a répondu que tout d'abord ces jeunes plants se flétrissaient ; l'extrémité de leur tige, incapable de se soutenir, demeurait courbée vers le sol pendant au moins huit jours ; et encore les plants repiqués devaient-ils être mis sous cloche ; gardés à l'air libre, presque tous (90 °/₀) mouraient, et les quelques survivants restaient flétris pendant bien plus de huit jours.

De cette petite enquête, il résultait donc que, pour se redresser, quelques heures suffisent aux jeunes plants de Lin traversés par un courant galvanique faible, alors que pour arriver au même résultat, les autres mettent au moins huit jours, et encore à la condition d'être élevés sous cloche.

I

Suspendant l'étude de l'influence des courants galvaniques sur la croissance des végétaux, j'entrepris de rechercher l'action heureuse que ces courants peuvent exercer sur la santé des plantes flétries.

Les deux auxanomètres, trop encombrants, furent remplacés par une potence munie de poulies, sur lesquelles devaient s'enrouler le fil conducteur attaché au sommet de la tige de la plante électrisée et le fil de soie destiné à mettre la plante témoin exactement dans les mêmes conditions (sauf bien entendu le courant), que la plante expérimentée.

Les premières expériences ont été faites sur de jeunes plants de Lin provenant de semis sur couche, et qui venaient d'être repiqués dans un pot à fleurs.

Expérience I.

Durée : 19 heures.

Sens du courant : de la racine vers la tige.

Intensité du courant au commencement de l'expérience : microampère 0,008223.

Intensité du courant à la fin de l'expérience : microampère 0,00421 (1).

A la fin de l'expérience, la tige de la plante électrisée pouvait seule se tenir droite.

Expérience II.

Durée : 17 heures.

Sens du courant : de la racine vers la tige.

Intensité du courant au commencement de l'expérience : microampère 0,0050475.

Intensité du courant à la fin de l'expérience : microampère 0,003451.

La tige de la plante électrisée était seule redressée quand l'expérience a été arrêtée (fig. 1).

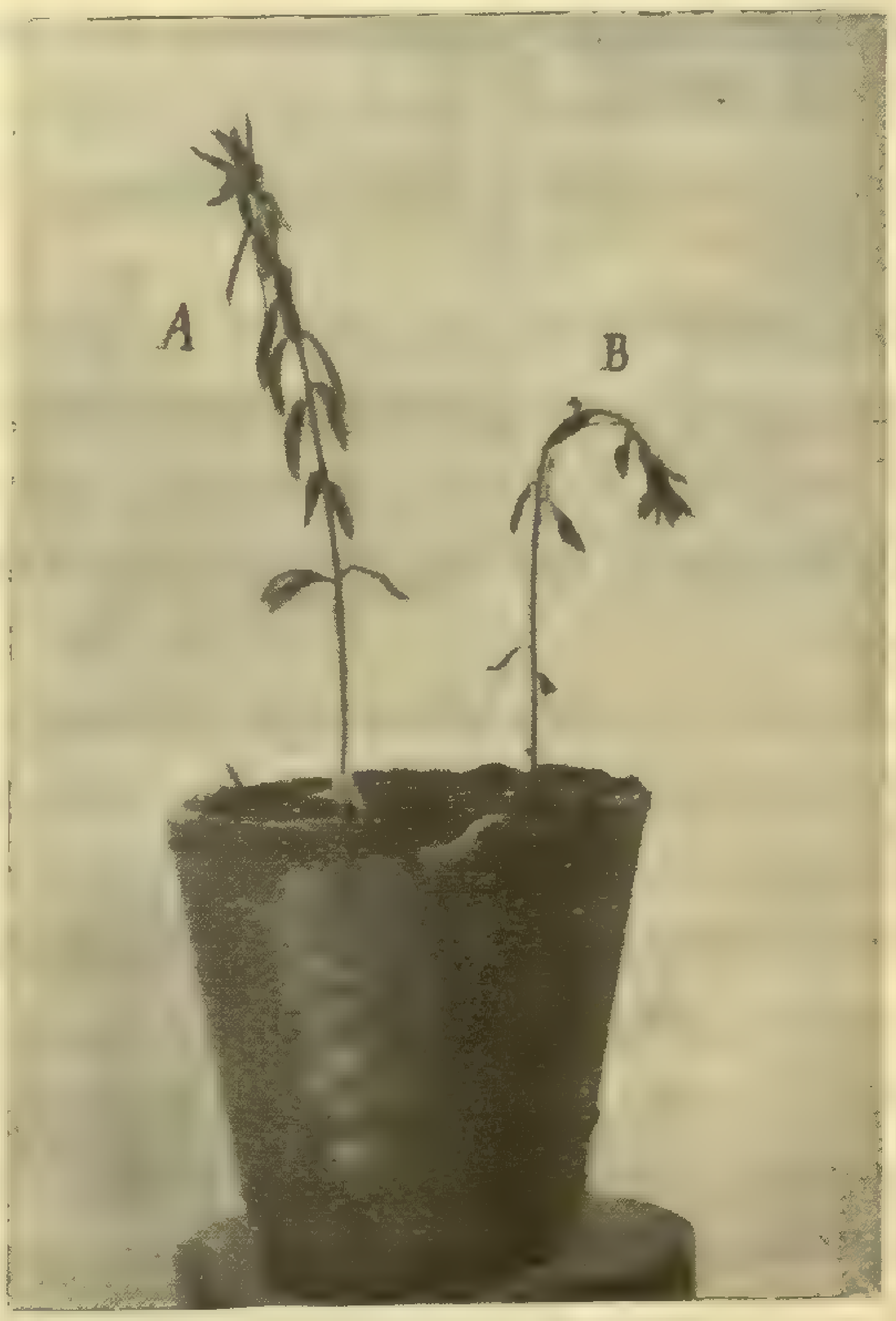


Fig. 1. — *Linum usitatissimum.*
A, Plante électrisée; B, Plante témoin.

Expérience III.

Durée : 17 heures.

Sens du courant : de la tige vers la racine.

Intensité du courant au commencement de l'expérience : microampère 0,004066.

Intensité du courant à la fin de l'expérience : microampère 0,002842.

A la fin de l'expérience, la tige de la plante électrisée était seule redressée.

---

(1) L'organisme végétal n'est pas un corps homogène, aussi le courant traversant la plante y produit certainement des modifications chimiques donnant naissance à une force électromotrice de polarisation de sens contraire à celle que produit le courant initial. De là vient l'affaiblissement constaté dans l'intensité du courant à la fin de l'expérience.

EXPÉRIENCE IV.

Durée : 17 heures.

Sens du courant : de la tige vers la racine.

Intensité du courant au commencement de l'expérience : microampère 0,004061.

Intensité du courant à la fin de l'expérience : microampère 0,002639.

Le résultat de l'expérience a été exactement pareil à ceux des trois précédentes.

EXPÉRIENCE V.

Les tiges de quatre jeunes plants repiqués dans un même pot ont été redressées successivement après avoir été parcourues, chacune pendant environ 15 heures, par un courant dont l'intensité moyenne était, durant chaque expérience, d'environ 0,004 microampère.

Les expériences faites avec d'autres espèces que le Lin, qui, lui, ne m'a jamais donné d'insuccès, ont été plus délicates à effectuer.

Je me suis adressé à de jeunes plantes prises dans les champs; après les avoir arrachées, en ayant bien soin de conserver toutes les racines, j'exposais mes sujets au soleil, ou mieux, je les gardais dans ma poche pendant quelques heures. Au bout de ce temps les plantes, si elles avaient été prises suffisamment jeunes, étaient absolument fanées et leurs tiges incapables de se tenir droites.

Deux jeunes plants ainsi traités étaient alors repiqués dans un pot; puis, après un arrosage plus ou moins copieux, mis en expérience; l'un d'eux, non électrisé, servait de témoin.

Après quelques heures, les deux plants avaient généralement bien repris; aussi, était-il nécessaire de surveiller avec soin l'expérience, afin de saisir le moment où la tige de la plante électrisée était devenue capable de rester bien dressée sans le secours d'aucun support, alors que celle de la plante témoin, encore dans l'impossibilité de se tenir droite, s'inclinait vers le sol.

J'ai pris pour mes expériences : *Mercurialis annua*, *Euphorbia Peplus*, *Senecio vulgaris*.

Je dois dire, dès maintenant, que pour des causes que je n'ai pu encore élucider, *Senecio vulgaris* ne m'a donné aucun résultat.

Expérience VI. — **Mercurialis annua** femelle.

Durée : 16 heures.
Sens du courant : de la tige vers la racine.
Intensité du courant au commencement de l'expérience : microampère : 0,005827.
Intensité du courant à la fin de l'expérience : 0,001624.

Déjà, après avoir été électrisée pendant trois heures, la plante expérimentée avait meilleure apparence que le témoin ; les feuilles au lieu d'être infléchies vers le sol avaient pris une direction horizontale.

Quand l'expérience a pris fin, la tige de la plante électrisée se tenait bien droite, alors que celle de la plante témoin retombait sur le sol.

A son tour, la plante témoin a été électrisée.
Sens du courant : de la tige vers la racine.
Intensité moyenne du courant : microampère 0,00406.
Après quatre heures, la plante était redressée.

Expérience VII. — **Mercurialis annua** mâle.

Sens du courant : de la tige vers la racine.
Intensité moyenne du courant : microampère 0,00609.

Après trois heures, aucun effet ne se faisait encore sentir ; après trois nouvelles heures, la plante électrisée était complètement redressée, et non celle de la plante témoin.

Plusieurs essais dans lesquels le courant allait de la racine vers la tige n'ont donné aucun résultat ; il paraîtrait donc que, chez la Mercuriale, le sens du courant n'est pas indifférent pour produire un effet favorable.

Expérience VIII. — **Mercurialis annua** femelle.

La plante électrisée a été tout d'abord traversée pendant six heures par un courant allant de la racine vers la tige, sans qu'aucune différence ait pu être constatée entre la manière d'être de la plante électrisée et celle de la plante témoin.

Le courant ayant été renversé, au bout de quatre heures la tige de la plante électrisée était complètement redressée, alors que celle de la plante témoin retombait encore sur le sol.

Expérience IX. — **Euphorbia Peplus.**

Durée : 12 heures.
Sens du courant : de la tige vers la racine.
Intensité du courant au commencement de l'expérience : microampère 0,00406.
Intensité du courant à la fin de l'expérience : microampère 0,00304.

A la fin de l'expérience, la tige de la plante électrisée était seule redressée (fig. 2).

Les heureux effets d'un courant galvanique sur les plantes fanées me paraissent prouvés tout au moins chez les quelques espèces expérimentées, *Senecio vulgaris* étant excepté. S'ensuit-il que chez cette dernière espèce un courant continu ne puisse produire aucun effet? je ne le crois pas; l'insuccès provenait-il d'un courant trop faible ou trop fort? le Séneçon ne peut-il, sans être

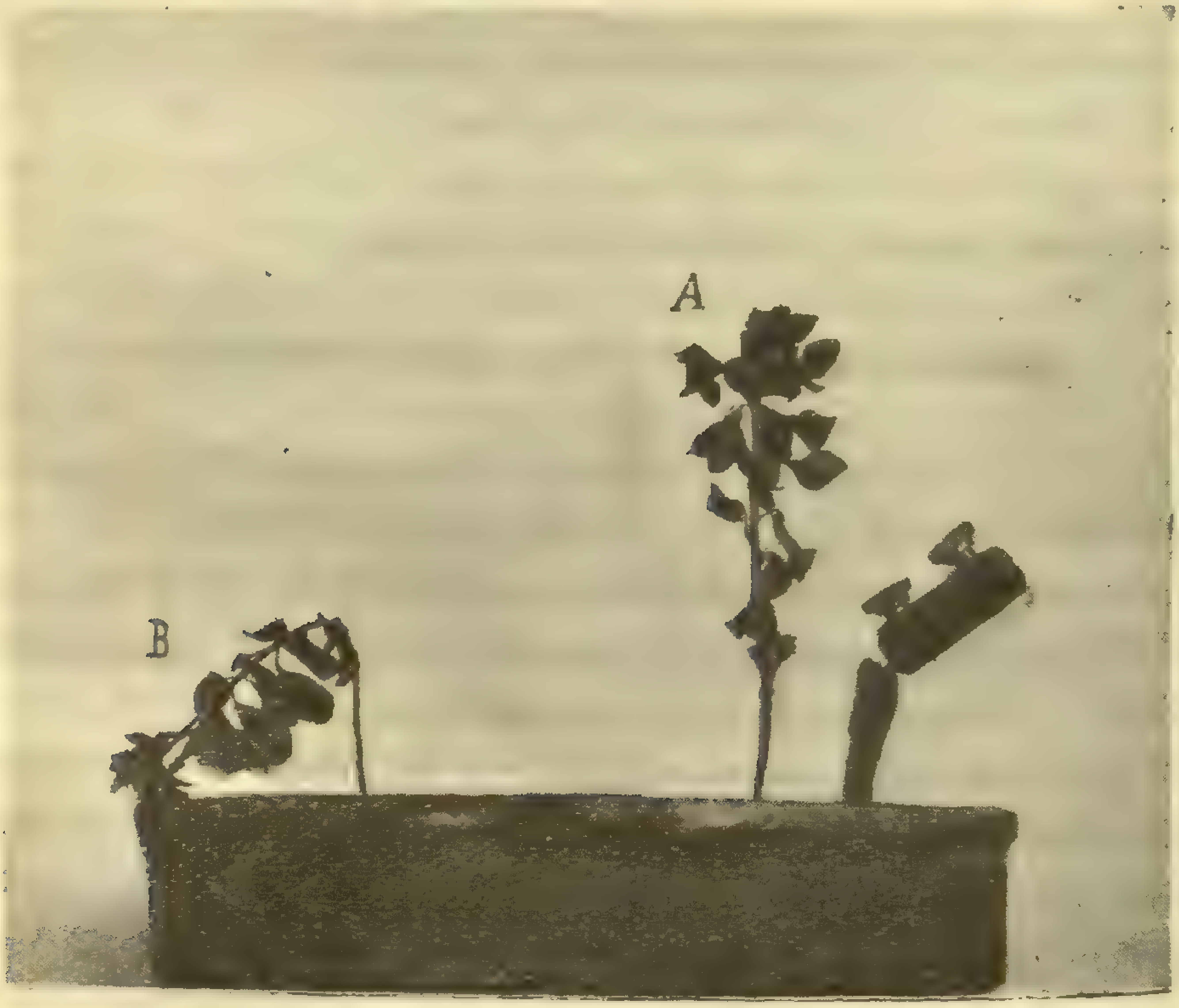


Fig. 2. — *Euphorbia Peplus.* — A, Plante électrisée ; B, Plante témoin.

atteint mortellement, subir la dessiccation à laquelle il a été soumis, ou bien l'influence d'un courant, si faible qu'il puisse être? C'est ce qu'il importe de connaître avant de prendre une conclusion.

De nouvelles études seront faites à ce sujet; en outre, je me propose de rechercher sur le Lin, espèce qui paraît devoir se prêter le mieux aux expériences en vue, les limites inférieures et supérieures que ne doit pas dépasser l'intensité du courant, pour que les effets constatés ci-dessus puissent se manifester; je tiens encore à déterminer, si possible, l'optimum d'intensité.

II

A quelle cause attribuer l'influence d'un courant continu faible sur les plantes fanées pour hâter leur rétablissement, c'est ce que maintenant il faut rechercher.

Si les plantes se sont fanées, c'est que, par suite d'une cause le plus souvent connue (arrachage par exemple), il s'est produit une rupture de l'équilibre qui existait entre le départ de l'eau contenue dans la plante (transpiration, chlorovaporisation) et son arrivée par les racines. En effet, il n'y a plus apport d'eau tant que la plante arrachée n'est pas repiquée, et, après cette opération, pendant un certain temps, elle ne pénètre que difficilement dans le végétal, tandis que l'émission d'eau sous forme de vapeur continue à se faire sans interruption. Il s'ensuit que la sortie de l'eau étant devenue supérieure à l'entrée, la turgescence diminue dans les cellules vivantes, diminution qui se traduit extérieurement par les caractères qu'offrent les plantes flétries. Quand la plante est remise dans la possibilité de se fournir d'eau, elle reprend d'autant plus vite l'état normal, que l'endosmose est plus active.

Si donc, les plantes flétries, traversées par un courant galvanique faible, se rétablissent plus vite que celles qui ne le sont pas, toutes les conditions de milieu étant, sauf le courant, identiquement les mêmes, on peut en déduire que *ce courant active l'endosmose*.

III

Mais alors deux objections se présentent :

1° Le courant n'est-il pas capable d'électrolyser l'eau contenue dans la plante? Si cela etait, il se pourrait qu'un dégagement considérable de gaz dans les cellules les gonflât comme des ballons, et, celles-ci étant redevenues momentanément turgescentes, la plante reprendrait les caractères extérieurs de l'état normal, sans que l'entrée d'eau eût été plus considérable que dans la plante non électrisée.

A cette objection il aurait suffi de répondre que les courants avaient une intensité trop faible pour pouvoir électrolyser les liquides; cependant, pour plus de sûreté, un voltamètre a été, durant quelques expériences, intercalé dans le circuit, sans que jamais une production de gaz ait pu être constatée.

2° Le courant n'est-il pas capable de diminuer l'intensité de la transpiration et de la chlorovaporisation ou de l'une de ces deux fonctions seulement?

Si oui, il s'ensuivrait nécessairement une diminution dans la quantité d'eau émise, diminution qui se traduirait au dehors exactement de la même façon que si l'endosmose avait été activée.

Pour résoudre cette objection, j'ai entrepris l'étude de l'action des courants continus faibles sur l'émission de la vapeur d'eau chez les végétaux, et j'ai pu alors constater que, bien loin de la diminuer, l'électricité en augmentait l'intensité.

Je n'ai pas encore recherché si l'influence stimulante du courant portait à la fois sur la transpiration et sur la chlorovaporisation ou sur l'une de ces deux fonctions seulement, le bloc me suffisant pour le moment; mais je me propose d'élucider cette question.

Parmi les expériences faites, je crois suffisant, pour le moment, de n'en rapporter que quatre.

C'est la méthode des pesées qui a été employée.

Deux plantes ou deux feuilles étaient pesées séparément, puis l'une A était traversée par un courant galvanique faible, tandis que l'autre B servait de témoin. Au bout d'une heure au moins, nouvelle pesée.

Ensuite, c'était au tour de B d'être électrisée pendant un temps égal au précédent, A étant témoin; après ce temps, troisième pesée de A et de B.

Les liquides contenus dans les sujets n'étaient pas, je m'en suis assuré, électrolysés par le courant.

Expérience I. — *Mercurialis annua* femelle.

A

Électrisée

Expérience commencée à : 11 h. 30.
Intensité du courant : $\overset{\text{microampère}}{0{,}004263}$.
Poids : 0 gr. 6.
Expérience terminée à : 3 h. 30.
Poids : 0,535.
Perte : 0,065.
Perte $^{0}/$: **10,8.**

Non électrisée

Expérience commencée à : 3 h. 30.

Poids : 0,535.
Expérience terminée à : 6 h. 30.
Poids : 0,480.
Perte : 0,055.
Perte $^{0}/_{0}$: **10,2.**

B

Non électrisée

Expérience commencée à : 11 h. 40.

Poids : 0,656.
Expérience terminée à : 3 h. 40.
Poids : 0,596.
Perte : 0,060.
Perte $^{0}/_{0}$: **9,1.**

Électrisée

Expérience commencée à : 3 h. 40.
Intensité du courant : $\overset{\text{microampère}}{0{,}00426}$.
Poids : 0,596.
Expérience terminée à : 6 h. 40.
Poids : 0,518.
Perte : 0,078.
Perte $^{0}/_{0}$: **13.**

Expérience II. — *Mercurialis annua* femelle.

A

Électrisée

Expérience commencée à : 10 h.
Intensité du courant : $\overset{\text{microampère}}{0{,}0136}$.
Poids : 0,612.
Expérience terminée à : 11 h.
Poids : 0,586.
Perte : 0,026.
Perte : **4,2.**

Non électrisée

Expérience commencée à : 11 h.

Poids : 0,586.
Expérience terminée à : 12 h.
Poids : 0,566.
Perte : 0,020.
Perte $^{0}/_{0}$: **3,4.**

B

Non électrisée

Expérience commencée à : 10 h. 10.

Poids : 0,693.
Expérience terminée à : 11 h. 10.
Poids : 0.676.
Perte : 0,017.
Perte $^{0}/_{0}$: **2,4.**

Électrisée

Expérience commencée à : 11 h. 10.
Intensité du courant : $\overset{\text{microampère}}{0{,}00893}$.
Poids : 0,676.
Expérience terminée à : 12 h. 10.
Poids : 0,658.
Perte : 0,018.
Perte $^{0}/_{0}$: **2,6.**

EXPÉRIENCE III. — *Euphorbia Cyparissias.*

A

ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 2 h. 30.
microampère
Intensité du courant : 0,00710.
Poids : 0,512.
Expérience terminée à : 3 h. 30.
Poids : 0,501.
Perte : 0,011.
Perte % : 2,1.

NON ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 3 h. 30.
Poids : 0.501.
Expérience terminée à : 4 h. 30.
Poids : 0,493.
Perte : 0,008.
Perte % : 1,5.

B

NON ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 2 h. 40.
Poids : 0,509.
Expérience terminée à : 3 h. 40.
Poids : 0,503.
Perte : 0,007.
Perte % : 1,3.

ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 3 h. 40.
microampère
Intensité du courant : 0,005278.
Poids : 0,503.
Expérience terminée à : 4 h. 40.
Poids : 0,488.
Perte : 0,015.
Perte % : 2,9.

EXPÉRIENCE IV. — *Polemonium cæruleum* (feuille).

A

ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 3 h.
microampère
Intensité du courant : 0,00507.
Poids : 0,198.
Expérience terminée à : 4 h.
Poids : 0,183.
Perte : 0 015.
Perte % : 7,5.

NON ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 4 h.
Poids : 0,183.
Expérience terminée à : 5 h.
Poids : 0,175.
Perte : 0,008.
Perte % : 4,3.

B

NON ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 3 h. 10.
Poids : 0,188.
Expérience terminée à : 4 h. 10
Poids : 0,182.
Perte : 0,006.
Perte % : 3,1.

ÉLECTRISÉE

Expérience commencée à : 4 h. 10.
microampère
Intensité du courant : 0,00842.
Poids : 0,182.
Expérience terminée à : 5 h. 10.
Poids : 0,172.
Perte : 0,010.
Perte % : 5,4.

Ce sont surtout les feuilles qui transpirent et chlorovaporisent.

et la tige seule est traversée par le courant, puisque sous son influence l'émission d'eau devient plus intense : il faut donc que l'excitation produite ne soit pas limitée aux seules parties de la plante dans lesquelles passe le courant, mais qu'elle soit transmise aux régions périphériques. Les plasmodesmes jouent-ils un rôle dans cette transmission ? Cela est très probable.

Conclusions

Des expériences qui précèdent, on peut conclure que :

1° Un courant galvanique faible favorise l'endosmose chez les végétaux, tout au moins chez le Lin, la Mercuriale annuelle et l'*Euphorbia Peplus*.

2° Un courant galvanique faible augmente l'intensité de l'émission de l'eau.

3° L'entrée et la sortie de l'eau étant toutes les deux activées par un courant continu, l'accroissement d'intensité doit être plus grand pour l'endosmose que pour l'émission de l'eau, puisque la plante flétrie, électrisée, reprend plus vite que les autres l'état normal.

Si l'on ajoute à ces conclusions celle que j'ai avancée en 1896, à savoir : qu'un « courant électrique continu favorise l'assimilation du carbone en accélérant la décomposition de l'acide carbonique » (1), conclusion confirmée par les recherches de M. G. Pollacci (2), on peut avancer qu'un courant galvanique faible stimule chez les végétaux plusieurs des fonctions de nutrition (3).

---

(1) *De l'influence des courants électriques continus sur la décomposition de l'acide carbonique chez les végétaux aquatiques.* Revue générale de Botanique, p. 433, T. VIII, 1896.

(2) *Influenza dell' elettricità sull' assimilazione clorofilliana*, in Atti Istituto Botanico dell' Università di Pavia, vol. XI, 1905.

(3) Les expériences d'électroculture faites en électrisant soit le sol, soit l'atmosphère qui entoure les plantes ont déjà montré que l'électricité est l'un des meilleurs stimulants de la nutrition chez les végétaux.

L'électricité joue aussi un rôle important dans la germination, les graines électrisées germent plus vite.

C'est ce qui résulte des travaux de deux savants belges, MM. Micheels et de Heen, attachés au laboratoire de physique de Liège, et aussi des expériences du D^{r} Lœwenherg, de Kœnigsberg.

Chez les animaux, en particulier chez l'homme, on a remarqué que les courants galvaniques de faible intensité activent les fonctions de nutrition.

La respiration du muscle est plus intense, la circulation suractivée, et il n'est pas rare de voir un relèvement de la pression artérielle suivre une galvanisation.

Sous l'influence de courants galvaniques à faible intensité, les membres présentant des arrêts de développement des os, chez les enfants atteints de paralysie infantile, se nourrissent mieux, et les os se développent.

Il serait évidemment prématuré de comparer dès maintenant l'action qu'exercent les courants galvaniques faibles sur les fonctions de nutrition des végétaux à celles qu'ils exercent sur les mêmes fonctions chez les animaux. Cependant, on ne peut s'empêcher de remarquer combien ces effets sont analogues, ce qui n'a rien que de bien naturel; le contraire seul pourrait surprendre, puisque, somme toute, la matière vivante est la même dans les deux Règnes (1).

---

(1) J'ai entrepris l'étude de l'influence des courants continus faibles sur la respiration chez les végétaux et pour commencer chez les Champignons; bientôt, je l'espère, je pourrai publier les résultats obtenus.

ACTION MORPHOGÉNIQUE
DE
QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES
SUR LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS

ÉTUDE D'ANATOMIE EXPÉRIMENTALE

Par M. Marin MOLLIARD (*Suite*)

(Planches 8, 9, 10 et 13).

C. — ACTION DE SUBSTANCES TERNAIRES AUTRES QUE LE GLUCOSE.

Lévulose. — Des séries de cultures ont été faites parallèlement aux précédentes en remplaçant le glucose par divers autres substances ternaires ; nous chercherons surtout à faire ressortir les caractères différentiels qui résultent de l'absorption de chacun de ces corps, en envisageant à la fois leur valeur nutritive pour le Radis et leur action sur la structure anatomique.

Les solutions contenant du lévulose ont été faites soit avec du sucre pur, soit avec du lévulose sirupeux, mais en tenant compte dans ce dernier cas, par une analyse saccharimétrique, de la teneur en eau du produit employé. Avec 5 °/₀ de lévulose on obtient des plantes sensiblement plus développées qu'avec la même dose de glucose ; les feuilles surtout sont plus grandes et plus larges (fig. 21), leur teinte est d'un vert clair (Pl. 9, fig. 10) assez différent de celui que présentent les échantillons à qui on donne le glucose ; elles jaunissent plus rapidement que les précédentes, à partir du bord.

A la concentration de 15 °/₀, le lévulose retarde au contraire la croissance plus que ne le fait le glucose ; à cette dose, le glucose donne des plantes encore bien constituées et à tubercules ; avec le lévulose, les Radis n'atteignent guère (fig. 22), au bout de deux mois, que 1^{cm}8, présentent six feuilles très petites, crépues, à pétiole très rouge, ainsi que l'extrémité des dents, et à poils très apparents ; on n'obtient de tubercules que dans les solutions de concentrations comprises entre 5 et à 10 °/₀.

Je n'ai dans aucun cas obtenu de fleurs arrivant à leur complet développement. L'augmentation du poids sec est de même ordre que pour le glucose en ce qui concerne les concentrations de 5 à 10 °/₀, beaucoup plus faible lorsqu'on arrive à 15 °/₀ ; en tubes fermés le rendement est moins considérable avec le lévulose qu'avec le glucose. Les feuilles présentent, dans ces dernières conditions, les mêmes lobes profonds, mais restent plus grandes.

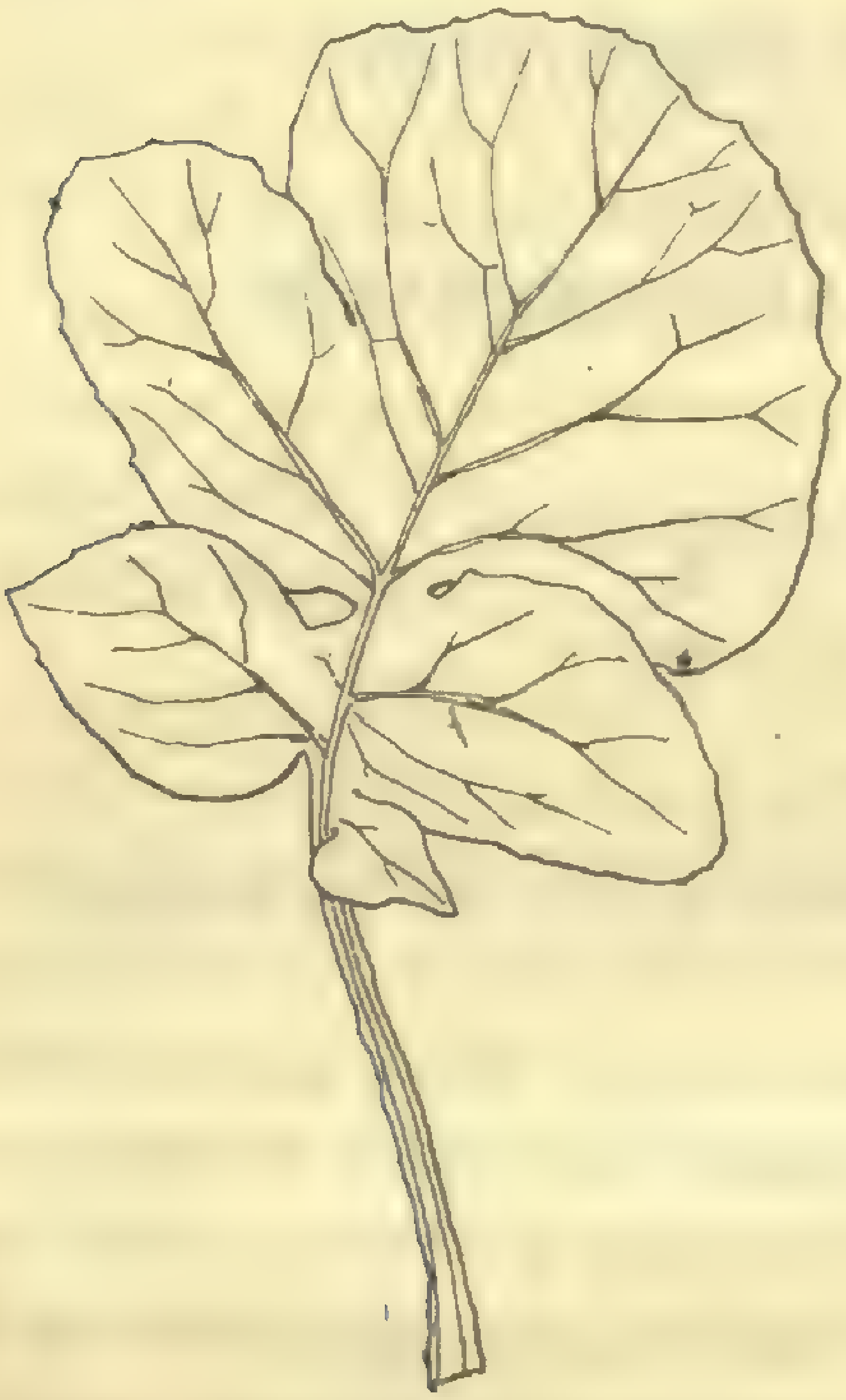


Fig. 21. — Feuille de Radis développé en présence de 5 °/₀ de lévulose (Gr. nat.).

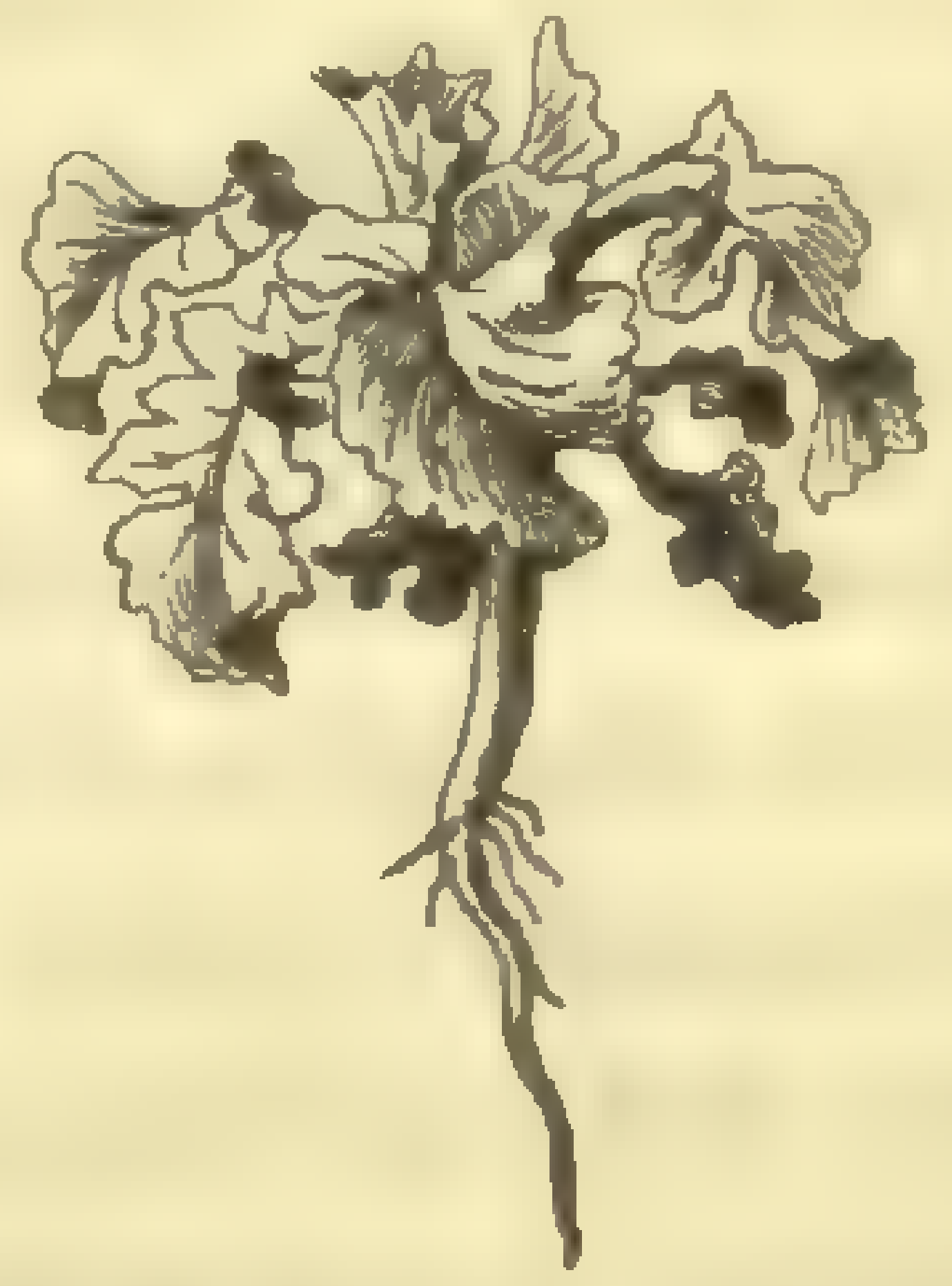


Fig. 22. — Radis développé sur une solution contenant 15 °/₀ de lévulose (Gr. nat.).

Les deux tableaux suivants montrent les variations des échanges gazeux sous l'influence du lévulose :

ÉCHANGES GAZEUX A L'OBSCURITÉ :

	PLANTES CULTIVÉES SUR :		
	SOLUTION MINÉRALE	LÉVULOSE A 5 °/₀	LÉVULOSE A 10 °/₀
Poids frais (mgr.)	631	848	392
Poids sec (mgr.)	28	61	57
Rapport du poids sec au poids frais	0,039	0,060	0,124
Surface foliaire (cm²)	15	27,7	7,9
CO^2 dégagé en 1 h. par la plante entière (mm³)	44	101	148
CO^2 dégagé par heure et cm² (mm³)	3	3,5	18,7
CO^2 dégagé par heure et 1 gr. de poids frais (mm³)	69	119	377
CO^2 dégagé par heure et mgr. de poids sec (mm³)	1,5	1,6	2,6

ÉCHANGES GAZEUX A LA LUMIÈRE

	PLANTES CULTIVÉES SUR :		
	SOLUTION MINÉRALE	LÉVULOSE A 5 °/o	LÉVULOSE A 10 °/o
Poids frais (mgr.)	631	848	392
Poids sec (mgr.)	28	61	57
Rapport du poids sec au poids frais	0,039	0,060	0,124
Surface foliaire (cm²)	15	27,7	7 9
CO^2 absorbé en 1 heure par la plante entière (mm³)	125	332	132
CO^2 absorbé par heure et cm² (mm³)	8	12	16
CO^2 absorbé par heure et gr. de poids frais (mm³)	198	391	336
CO^2 absorbé par heure et mgr. de poids sec (mm³)	44	54	23

Le lévulose à la dose moyenne de 5 °/o augmente les échanges gazeux respiratoires et chlorophylliens, que ces échanges soient rapportés à la plante entière ou à l'unité de surface foliaire, de poids frais ou de poids sec ; pour une concentration de 10 °/o ces échanges gazeux, rapportés à l'unité de poids sec, augmentent à l'obscurité, diminuent à la lumière.

Les modifications anatomiques produites par le lévulose sont très comparables à celles qui résultent de l'action du glucose, mais toujours avec cette différence que pour des concentrations relativement faibles elles sont moins intenses qu'avec le glucose et que vers 15 °/o elles sont au contraire plus considérables. Une coupe faite dans un tubercule qui s'est développé sur une solution contenant 10 °/o de lévulose montre l'existence d'amidon uniquement dans les rayons médullaires, et en moindre quantité que pour la même teneur en glucose ; ce n'est qu'avec une solution à 15 °/o que l'amidon devient très abondant.

En résumé, le lévulose est bien utilisé par le Radis, mais ce corps favorise moins que le glucose la formation de la chlorophylle et celle de l'amidon et il arrête plus rapidement la croissance.

Avec le galactose, je n'ai obtenu de développement qu'à la condition de ne pas dépasser la concentration de 5 °/₀ ; avec 2 °/₀, la végétation est déjà très faible et on observe des plantes très petites, analogues à celles que je décrirai plus loin pour la mannite et ayant la même structure ; le galactose employé n'apparaît donc pas comme utilisable pour le Radis.

Saccharose. — Il y a eu développement sur des solutions contenant jusqu'à 15 °/₀ de saccharose, c'est-à-dire des poids semblables à ceux que renferment les solutions de glucose permettant une croissance appréciable. Comme les solutions ont été stérilisées par la chaleur, en présence de sels minéraux, il y avait lieu de rechercher s'il ne se produisait pas, dans ces conditions, une inversion du sucre de canne ; or, le liquide de Knop, additionné de 10 °/₀ de saccharose et porté vingt minutes à 120°, ne m'a donné à l'analyse que 0,03 °/₀ de sucres réducteurs ; c'est là une quantité tout à fait négligeable, d'après ce que nous savons de l'action du glucose et du lévulose, qui ne devient appréciable, au point de vue où nous nous plaçons, que pour des concentrations beaucoup plus considérables.

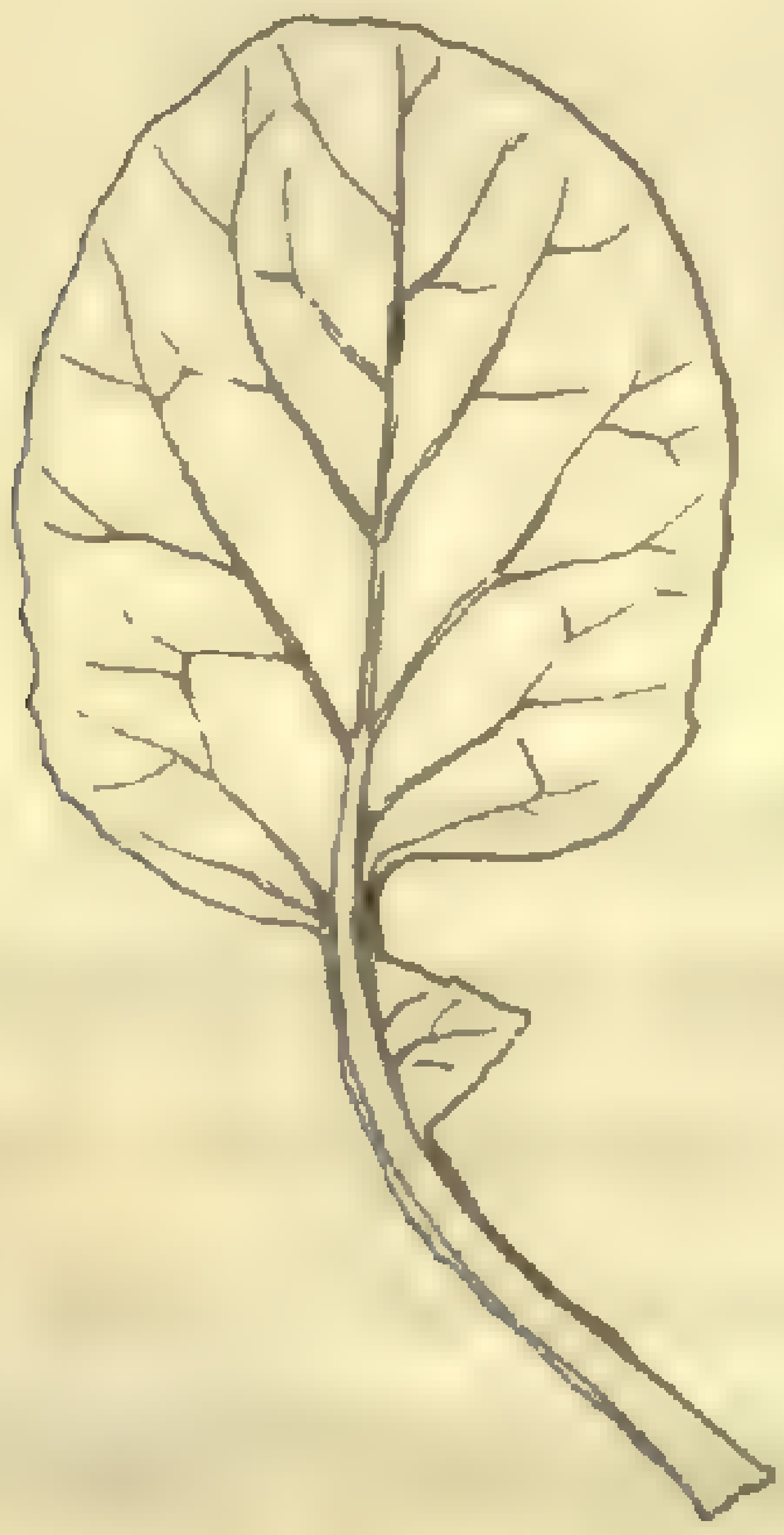


Fig. 23. — Une des premières feuilles d'un Radis développé en présence de 5 °/₀ de saccharose (Gr. nat.).

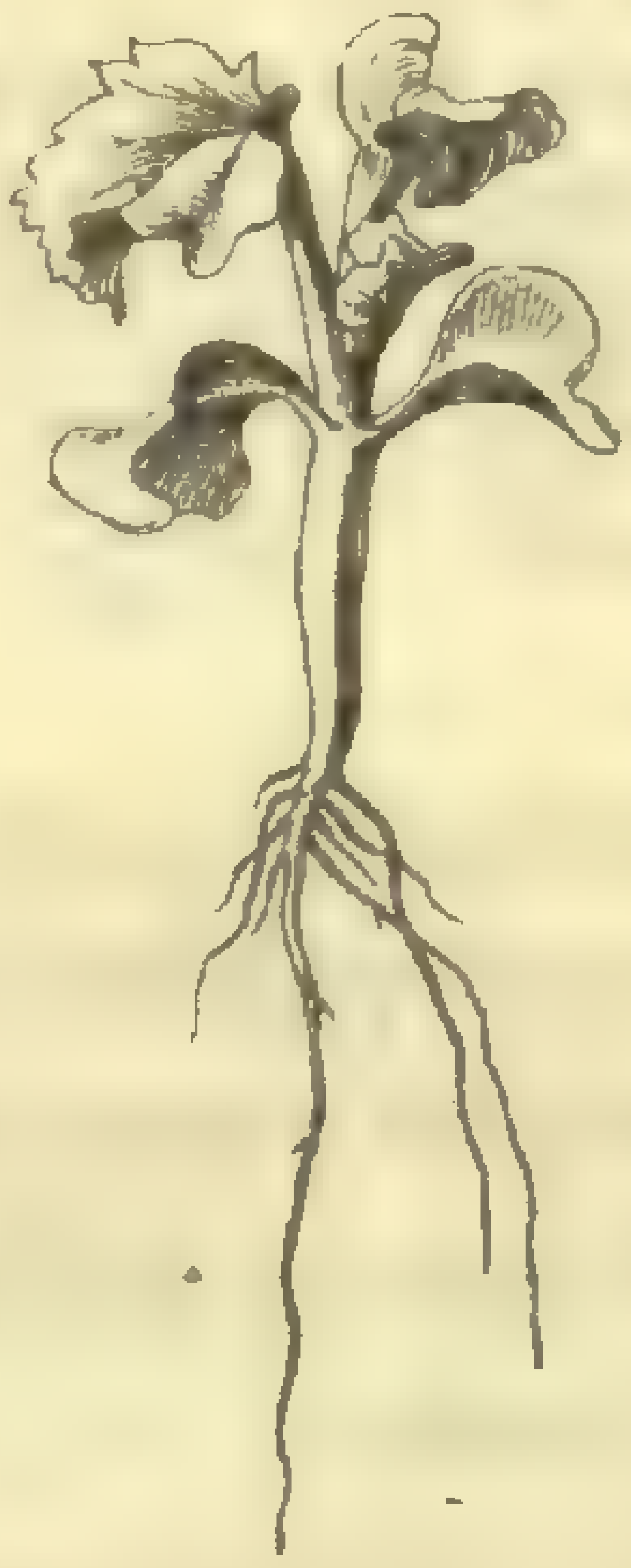


Fig. 24. — Radis développé sur une solution contenant 20 °/₀ de saccharose (Gr. nat.).

Les feuilles des individus nourris avec du saccharose ont une tendance marquée à simplifier leur forme ; la figure 23 représente une de ces feuilles, dont le lobe terminal a pris un contour très régulier ; ce caractère se rencontre surtout pour les premières feuilles et peut s'atténuer ou disparaître pour les feuilles supérieures. Comme dans le cas du glucose nous assistons à une accentuation de la couleur verte des feuilles (Pl. 9, fig. 9) ; il y a à peu près égalité de teinte pour les solutions contenant 5 °/₀ de saccharose ou 10 °/₀ de glucose ; pour 10 °/₀ de saccharose on observe une intensité de vert intermédiaire entre la précédente et celle qui correspond à 15 °/₀ de glucose : le saccharose favorise donc plus le développement de la chlorophylle, à poids égal, que le glucose.

Des cultures comparables, de même âge, faites sur solutions minérales ou sucrées, nous ont donné comme poids secs (mgr) les résultats suivants :

Solution de Knop	42	et	60
5 °/₀ de glucose	109	et	133
5 °/₀ de saccharose	102	et	125
10 °/₀ de saccharose	246	et	254

Ces nombres nous montrent à nouveau l'augmentation notable du poids sec en présence de 5 °/₀ de glucose ; celle qui est produite par 5 °/₀ de saccharose peut être considérée comme lui étant égale ; le rendement est doublé avec 10 °/₀ de saccharose; il est donc sensiblement proportionnel, dans ces limites, à la teneur en saccharose. Les solutions isotoniques de glucose et de saccharose, contenant par exemple 5 °/₀ de glucose et 9,5 °/₀ de saccharose, ne produisent donc pas d'effets comparables ni sur la croissance, ni sur le rendement.

Il se constitue des tubercules sur saccharose, quand la concentration devient égale à 10 °/₀ ; ces tubercules prennent rapidement à l'intérieur du milieu une forme allongée (fig. 25), grâce au renflement de la racine sur une assez grande longueur ; un certain nombre de radicelles s'épaississent également d'une manière régulière et il arrive même que de petites radicelles se tubérisent par places, particulièrement au point d'insertion sur la racine mère. On obtient ainsi régulièrement sur saccharose l'aspect que prend, lors de la formation des graines, la partie souterraine des Radis cultivés dans des conditions normales; je ne l'ai jamais vu se produire sur glucose.

Les fleurs peuvent se développer et aboutir à la production de graines bien constituées (fig. 27), en présence de 10 °/₀ de saccharose, c'est-à-dire pour une concentration égale à celle qui produit le même effet quand on se sert de glucose. La tige s'allonge bien

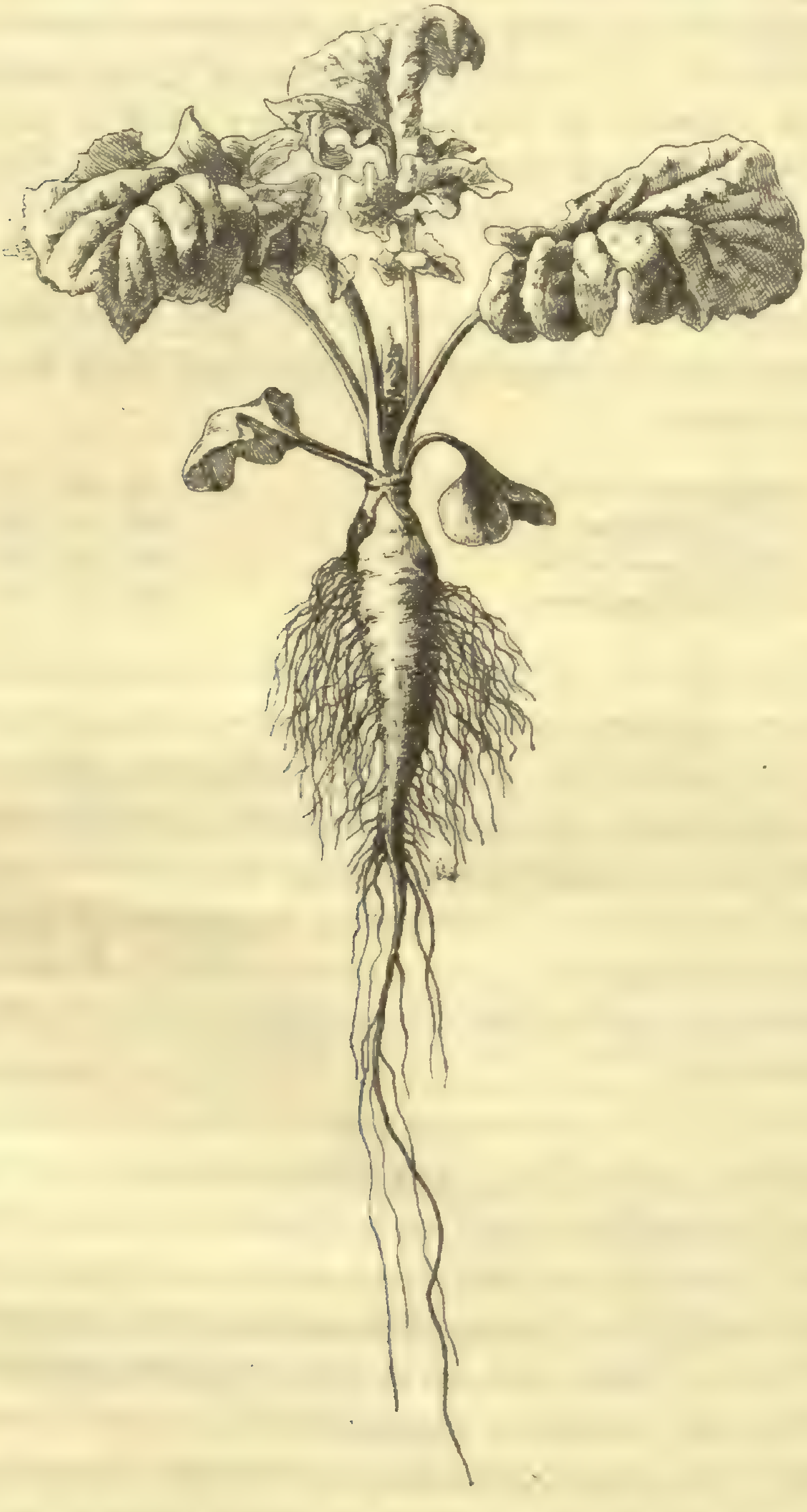


Fig 25. — Radis développé, en tube ouvert, sur une solution à 10 % de saccharose (Gr. nat).

encore avec 5 % de saccharose, mais les boutons de fleurs se dessèchent sans pouvoir s'ouvrir.

La structure anatomique subit des modifications analogues pour des teneurs identiques en saccharose et en glucose. Nous assistons à la même apparition d'amidon dans la feuille, la tige et le tubercule ; qu'il nous suffise de dire que dans le limbe développé sur solution à 15 °/$_0$ de saccharose, on compte six assises palissadiques et quatre assises correspondant au tissu lacuneux qui devient très compact ; toutes les cellules sont bourrées d'amidon et ce corps apparaît assez abondant dans les cellules de l'épiderme inférieur, beaucoup plus rare dans l'épiderme supérieur ; nous sommes encore ici en présence d'une structure bien voisine de celle du cotylédon, qui n'en diffère guère que par la nature des réserves.

La fermeture du tube a le même effet que dans le cas du glucose au point de vue du rendement en poids sec, de la forme générale de l'appareil végétatif (fig. 26) et des caractères anatomiques. Des Radis mis à germer dans des solutions à 10 °/$_0$ de saccharose en tubes ouverts ou fermés ont donné après 20 jours de développement une moyenne de 47^{mgr} dans le premier cas, de 58^{mgr} dans le second ; d'autres ont donné au bout de 3 mois 171^{mgr} et 215^{mgr} en tubes ouverts et 392^{mgr} en tube fermé. Deux échantillons très comparables se sont développés pendant deux mois en tubes ouverts : l'un des tubes a été ensuite fermé et le développement a continué pendant 6 semaines ; au bout de ce temps le poids sec de ce dernier était de 185^{mgr} alors qu'il n'était que de 130^{mgr} pour l'autre.

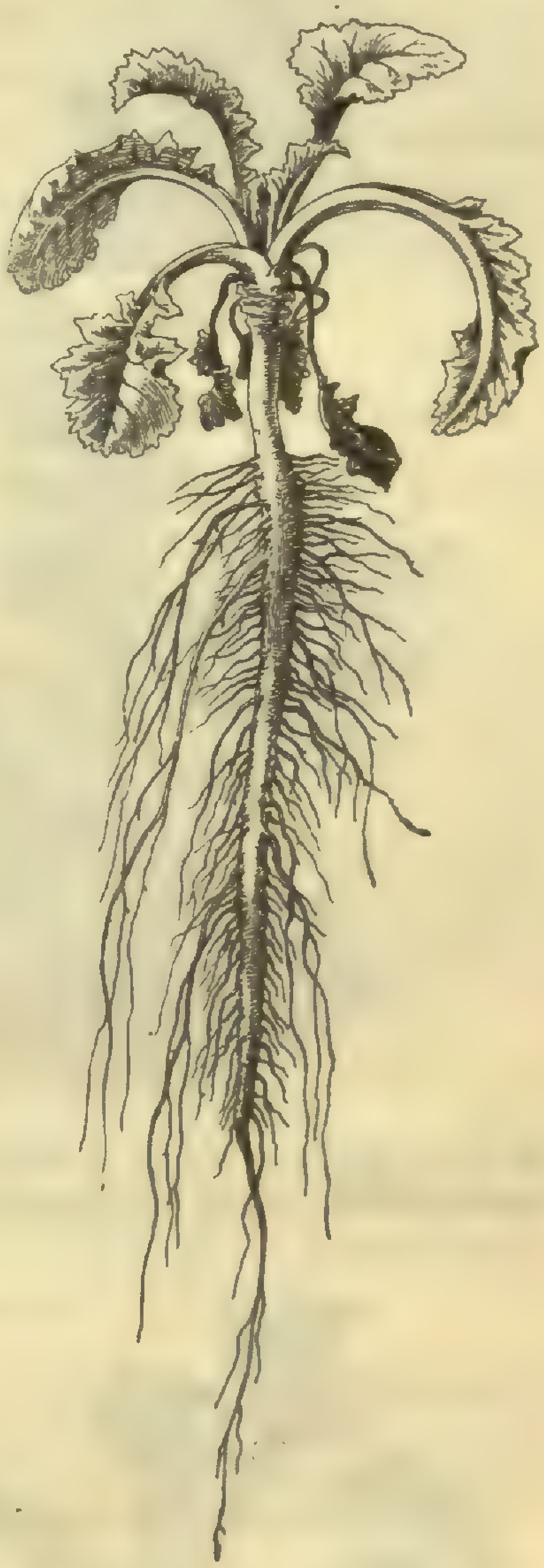


Fig. 26. — Radis développé, en tube fermé, sur une solution à 10 °/$_0$ de saccharose. Cet échantillon a le même âge que celui de la fig. 25 (Gr. nat.).

Lorsque la durée de la culture est assez grande pour que la tige s'allonge, celle-ci devient très épaisse; les feuilles formées pendant la vie en atmosphère libre sont tombées ou tout au moins se sont desséchées et celles qui sont constituées en tube fermé ont un pétiole trapu (fig. 28), un limbe réduit et crépu; des boutons de fleurs peuvent apparaître, mais ne s'ouvrent jamais.

Des coupes faites dans une pareille tige (fig. 29, B) et dans une autre qui s'est développée parallèlement aux dépens du même milieu, mais le tube restant toujours ouvert (fig. 29, A), nous montrent que la fermeture du tube amène une réduction de la sclérification, un développement plus considérable des tissus secondaires, la formation de vaisseaux ligneux plus espacés, plus petits et moins lignifiés, enfin des éléments libériens plus abondants. Il suffira de se reporter aux figures 29 pour juger

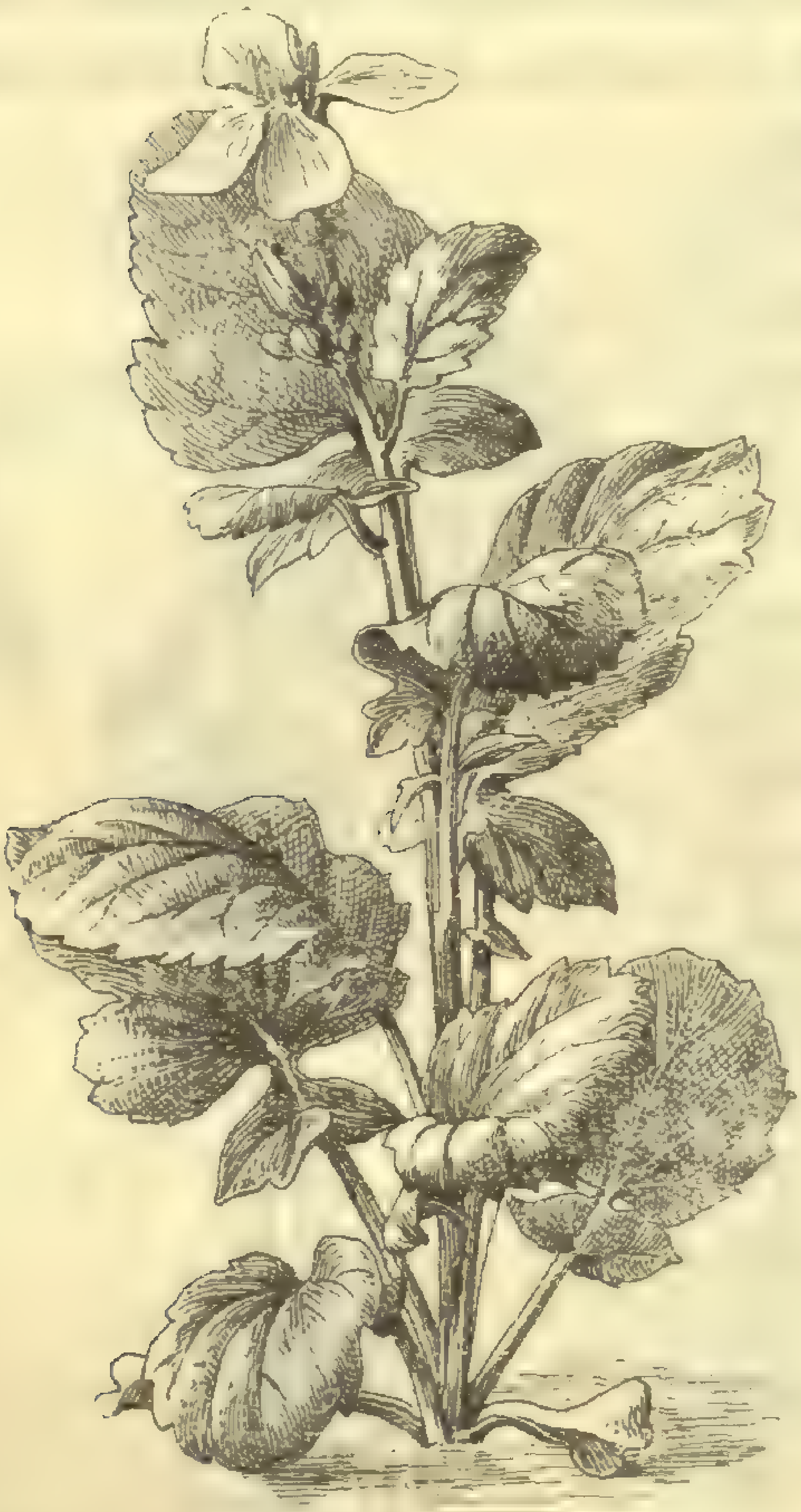


Fig. 27. — Radis développé pendant trois mois sur une solution à 10 % de saccharose (Gr. nat.).

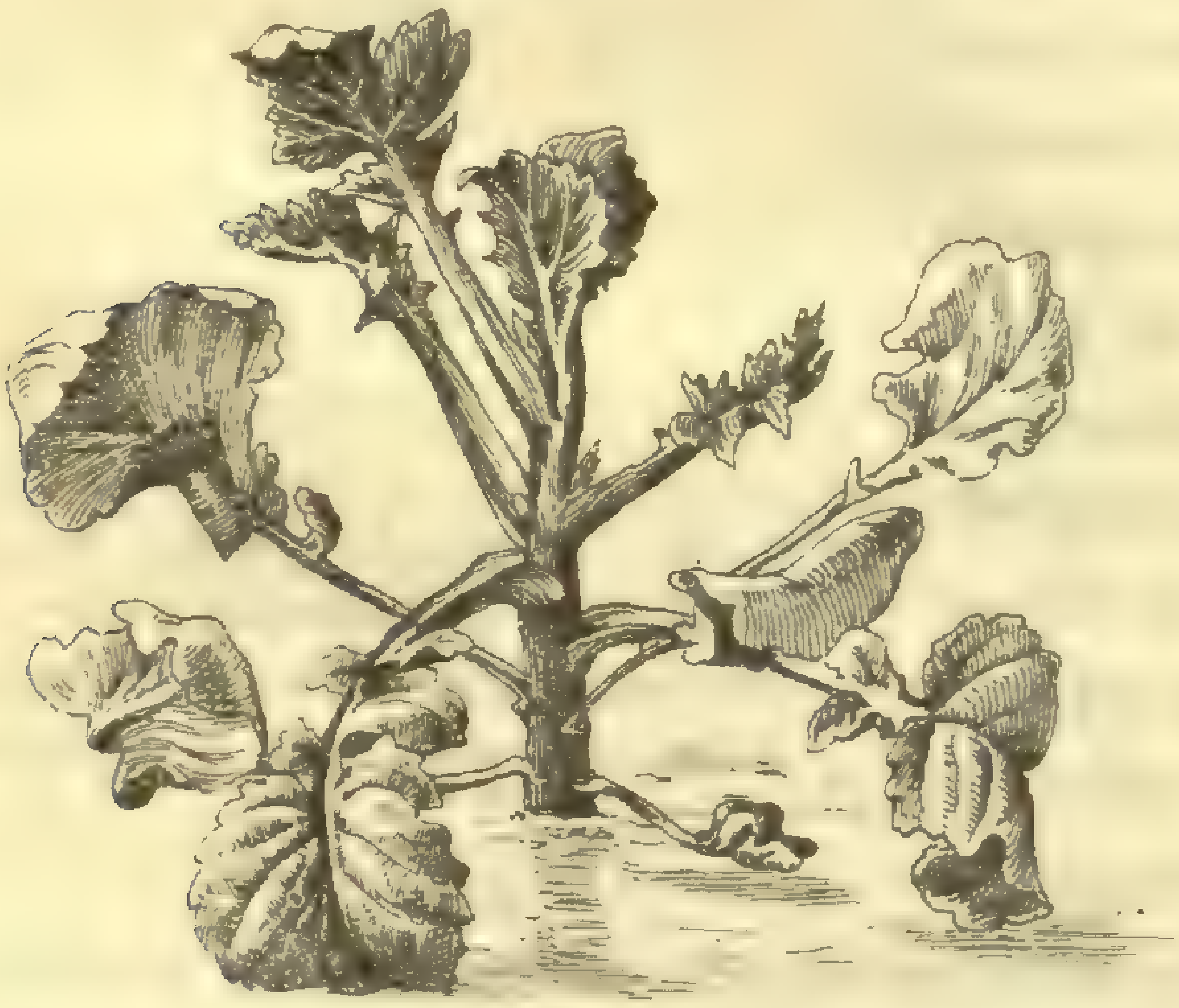


Fig 28. — Radis développé pendant trois mois sur une solution à 10 % de saccharose, d'abord en tube ouvert, puis en tube fermé (Gr. nat.).

des différences profondes que nous signalons rapidement, puisqu'elles ne font que confirmer celles que nous avons obtenues avec le glucose.

Nous retrouvons également pour les feuilles développées en atmosphère confinée les mêmes transformations que précédemment, c'est-à-dire apparition d'un tissu palissadique très accentué et mise en réserve d'une grande quantité d'amidon; c'est ainsi que pour 10 °/₀ de saccharose, il n'y a pas d'amidon dans le limbe en tube ouvert et que ce corps est abondant dans le tissu lacuneux et l'assise palissadique inférieure pour les feuilles qui se constituent après la fermeture du tube.

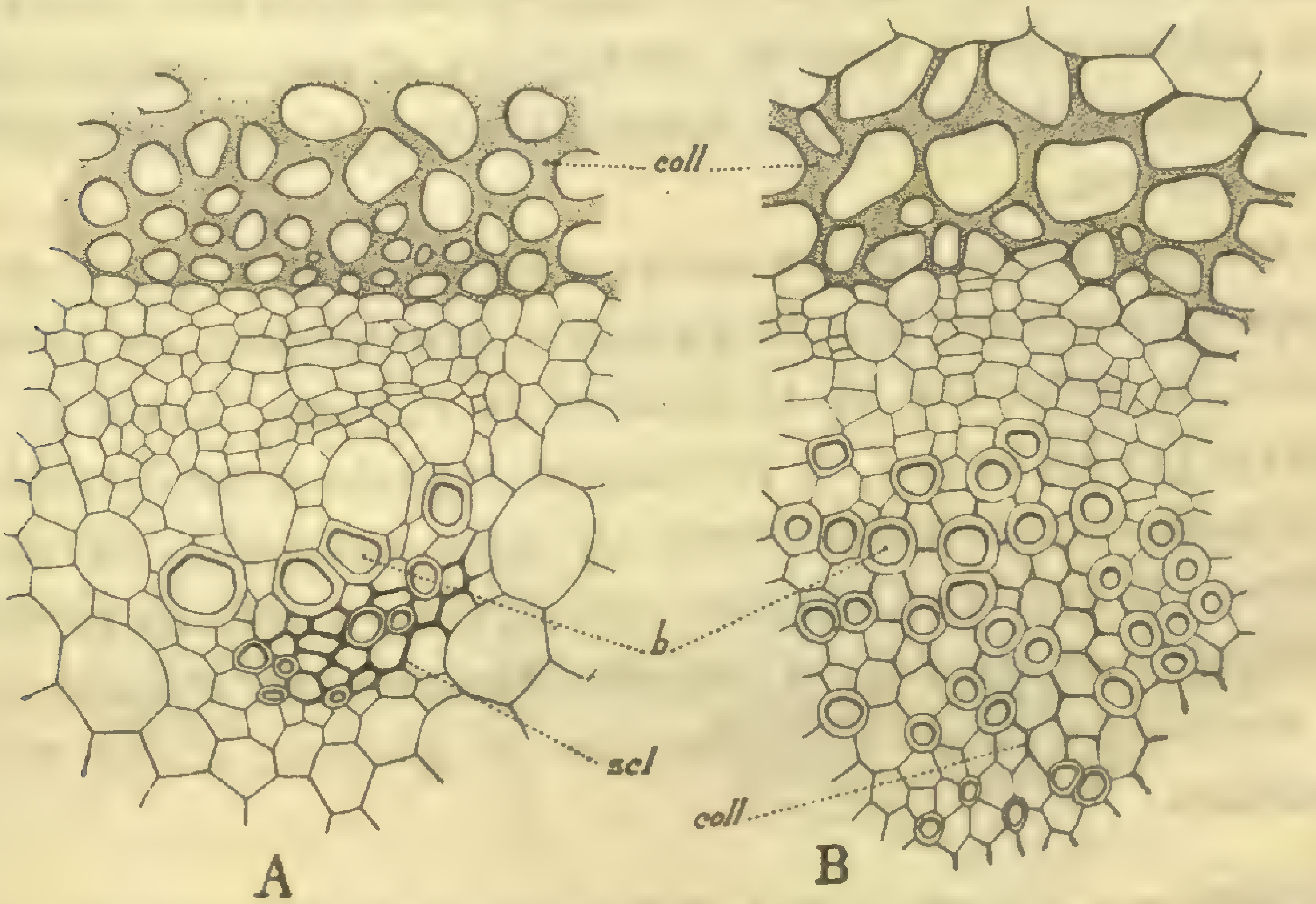


Fig. 29. — Région d'un faisceau libéro-ligneux d'une tige de Radis développé sur une solution à 10 °/₀ de saccharose, en tube ouvert (A) ou en tube fermé (B); *b*, bois ; *coll*, collenchyme ; *scl*, sclérenchyme (Gr. = 275).

Pas plus que le glucose, le saccharose ne paraît utilisé à l'obscurité; des graines mises à germer sur des solutions contenant 10 °/₀ de saccharose à l'obscurité ou à la lumière ont donné, au bout d'un mois, un poids sec moyen de 15^{mgr} dans le premier cas, de 54^{mgr} dans le second (le poids sec moyen des amandes est de 10^{mgr}) ; la légère augmentation qu'on constate à l'obscurité peut être considérée comme simplement due à la pénétration d'une certaine quantité de saccharose, sans qu'il s'en suive aucune utilisation, comme en témoigne suffisamment l'aspect des cultures.

Maltose. — Le poids sec des plantes développées sur des solutions contenant 9,5 °/₀ de maltose (isotoniques de 5 °/₀ de glucose) est sensiblement le même qu'avec 5 °/₀ de glucose; le limbe des feuilles est très large, comme cela arrive avec le lévulose. Il se forme, pour des concentrations variant de 4,75 à 19 °/₀, des tubercules semblables à ceux qui se forment en présence du glucose. Les cultures en atmosphère confinée montrent, par les caractères extérieurs et par le poids sec, que le maltose constitue un aliment pour le Radis et qu'à partir de lui il se constitue de l'amidon. Il ne s'est cependant jamais formé de fleurs arrivant à leur évolution complète.

Tant au point de vue du développement extérieur qu'au point de vue anatomique, le maltose produit des effets analogues à ceux du glucose, mais sous des concentrations plus considérables, doubles environ.

Je me suis assuré par des analyses préalables : 1° que le maltose employé ne contenait pas de quantités appréciables de monosaccharides, la réduction de la liqueur de Fehling, avant et après hydrolyse par les acides, se produisant comme si un disaccharide pur se transformait entièrement en deux molécules de monose réducteur ; 2° que la stérilisation des liquides à 120° ne produisait pas d'hydrolyse sensible et capable d'intervenir, d'après ce que nous savons par nos recherches sur le glucose, d'une manière appréciable.

Lactose. — Ce sucre paraît utilisé par le Radis, mais beaucoup plus faiblement que le glucose, le saccharose et le maltose. La figure 6 de la Planche 9 rend compte des caractères assez particuliers que prend la plante en présence de 10 °/₀ de lactose ; le plus net est une coloration foncée d'un vert-bleu. La plante allonge sa tige et présente des fleurs atrophiées ; je n'ai jamais vu se produire de tubercule en présence de ce sucre.

Pour des conditions identiques de développement des individus accrus sur la solution minérale ont donné un poids frais moyen de 447$^{\text{mgr}}$ et un poids sec de 27$^{\text{mgr}}$ (rapport = 0,058) et ceux à qui on a donné 10 °/₀ de lactose avaient un poids frais moyen de 320$^{\text{mgr}}$ et un poids sec de 38$^{\text{mgr}}$ (rapport = 0,118). Les Radis présentent, en tubes fermés, lorsqu'on leur donne du lactose, un développement très sensiblement supérieur à celui qui se produit, dans les mêmes conditions, sur solution minérale.

Polysaccharides. — Ni l'amidon, ni l'inuline, ni la gomme arabique ne sont utilisés par le Radis, du moins dans une mesure qui amène des modifications appréciables dans la structure ; la faible augmentation qui se produit dans les poids secs s'explique suffisamment par une légère hydrolyse des produits. Cette augmentation est un peu plus considérable pour la dextrine et se trouve accompagnée d'une légère accentuation de la teinte verte des feuilles ; nous avons malheureusement affaire à un produit mal défini. Dans aucun cas il n'apparaît d'amidon.

Mannite. — L'allure des cultures devient tout à fait différente avec la mannite et la glycérine.

C'est pour des concentrations de mannite ne dépassant pas 5 °/₀ que la croissance est possible. Avec 0,5 °/₀ les plantes ressemblent beaucoup à celles qui n'ont à leur disposition que la solution minérale ; le limbe est seulement un peu plus lobé ; avec 1 °/₀ les feuilles deviennent plus étroites (fig. 30, A), en même temps que la plante ne mesure plus que $3^{\text{cm}}75$ au lieu de $5^{\text{cm}}5$ au bout de deux mois de développement ; si la dose atteint 2 °/₀ les lobes des feuilles s'accentuent encore, la plante ne mesurant plus que $1^{\text{cm}}5$ (voir la fig. 4 de la planche 8) ; enfin les Radis n'ont plus que $0^{\text{cm}}8$ environ de haut si on leur donne 5 °/₀ de mannite ; les feuilles restent très petites, sont dures et cassantes ; leur pétiole devient rouge.

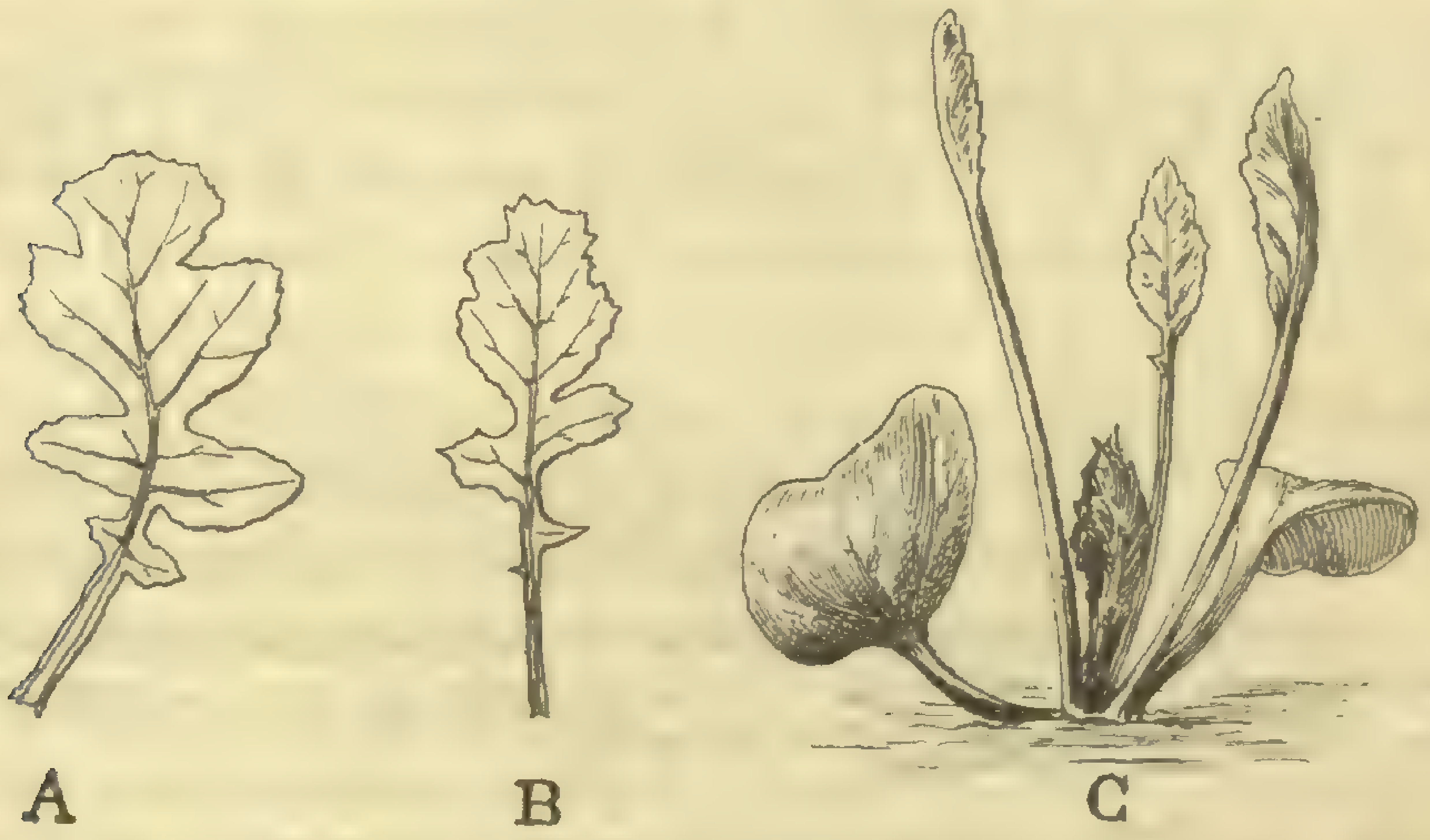


Fig. 30. — Feuilles de Radis développés en présence de 0,5 °/₀ de mannite (A), 1 °/₀ (B) et 2,5 °/₀ (C) de glycérine (Gr. nat.).

Des plantes de 3 mois m'ont donné les rendements moyens suivants :

	Poids frais (mgr.)	Poids secs (mgr.)	RAPPORT du poids sec au poids frais
Solution minérale	1036	60	0,056
Mannite à 0,5 $^0/_0$	821	64	0,077
Id. à 1 $^0/_0$	671	60	0,089
Id. à 2 $^0/_0$	408	46	0,112
Id. à 5 $^0/_0$	234	48	0,205

Le rapport du poids sec au poids frais augmente rapidement avec la concentration de la mannite ; quant au poids sec, il augmente d'abord un peu, ce qui paraît dû à la simple absorption de la mannite, puis diminue sensiblement par rapport au rendement témoin ; la mannite n'est donc pas utilisée par le Radis, comme en témoignent d'autre part des cultures faites en atmosphère confinée et qui sont au moins aussi maigres que celles qui correspondent à la solution de Knop.

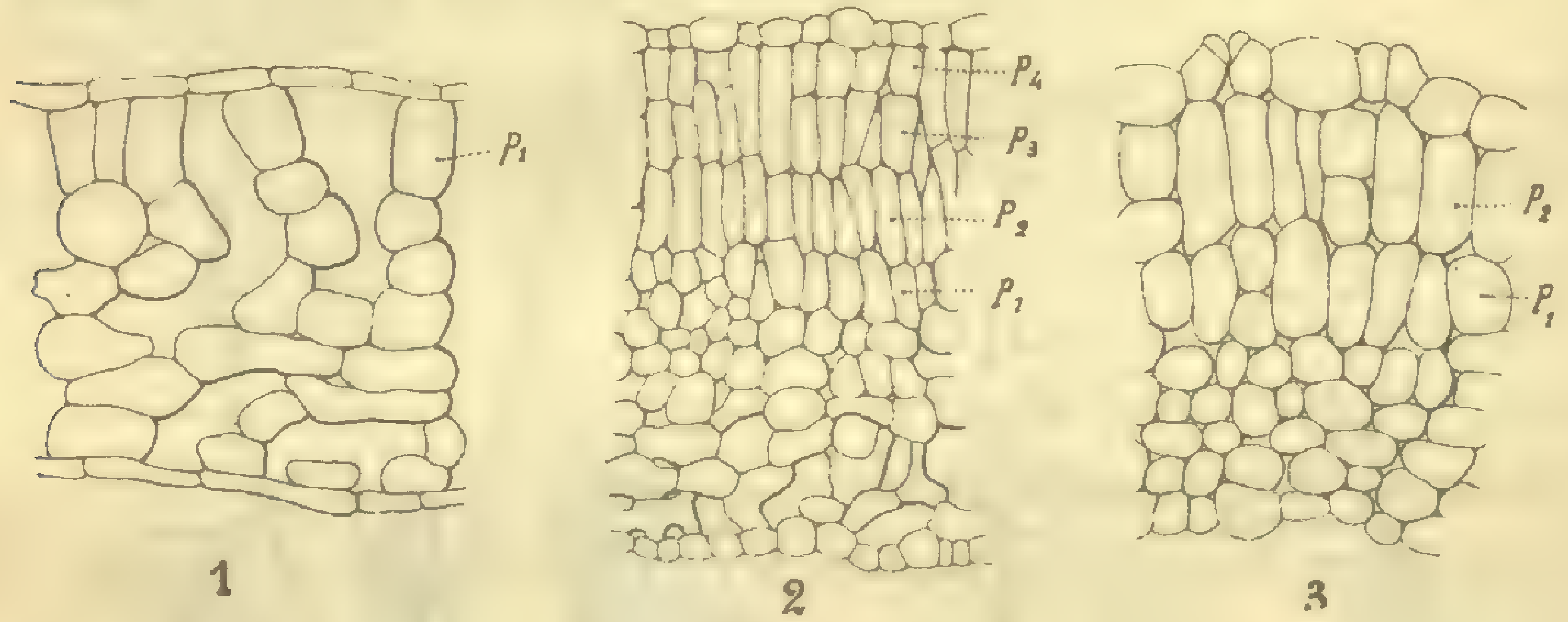


Fig. 31. — Coupes transversales du limbe de Radis développés sur des solutions contenant 0,5 $^0/_0$ de mannite (1), 5 $^0/_0$ de mannite (2), 1 $^0/_0$ de glycérine (3) ; p_1, p_2, p_3, p_4, assises palissadiques (Gr. = 140).

La mannite se comporte, au point de vue de la structure de la feuille, d'une manière identique à celle de toute substance non nocive, mais agissant simplement par la concentration ; elle augmente le tissu palissadique qui, déjà plus développé pour 0,5 $^0/_0$ de ce corps (fig. 31, 1), est constitué par quatre assises de cellules très allongées et sans lacunes (fig. 31, 2) lorsque la dose atteint 5 $^0/_0$. On ne voit apparaître d'amidon dans la feuille que pour la concentration limite ; c'est surtout autour des nervures du pétiole que ce corps se forme, provenant sans nul doute des sucres contenus dans la graine ou élaborés par les feuilles.

Glycérine. — La limite extrême de la concentration en glycérine permettant un développement appréciable est à peu près la même que pour le corps précédent : pas plus que la mannite, la glycérine ne paraît être assimilée par le Radis ; elle produit des modifications analogues dans la forme des feuilles. Avec 1 °/₀ de glycérine, les feuilles (fig. 30, B) sont semblables à celles qui se développent sur 1 °/₀ de mannite ; elles présentent en particulier la même accentuation des lobes ; pour des concentrations plus considérables le limbe se réduit aussi (fig. 30, C), mais le pétiole s'allonge, au lieu de rester court, comme pour la mannite ; la feuille devient aussi nettement lancéolée ; la figure 31 (3), qui correspond au limbe d'une plante développée sur une solution à 1 °/₀ de glycérine, permet de reconnaître que, d'une manière essentielle, la structure est analogue à celle que détermine la mannite. Je n'ai pas observé d'amidon dans les plantes de cette série.

Acides organiques. — Parmi les acides organiques que j'ai mis à la disposition des Radis en cultures pures, les acides tartrique et oxalique ont arrêté toute germination pour des doses égales à 0,5 °/₀. Ces cultures ne pouvaient être faites sur milieux gélosés, les acides empêchant la gélose de se solidifier ; elles ont été effectuées sur de l'ouate hydrophile imbibée de solutions contenant des doses variables d'acides. L'acide citrique a permis un léger développement pour une concentration de 0,5 °/₀, l'acide malique pour des doses pouvant atteindre 1 °/₀ ; mais nous sommes encore en présence de substances qui ne peuvent jouer à l'état isolé le rôle d'aliment.

Pour une concentration de 0,5 °/₀ d'acide malique les feuilles développées prennent une structure analogue à celle que détermine la présence de 2 °/₀ de glycérine.

En résumé :

Les monosaccharides non utilisés (galactose), la mannite, la glycérine et l'acide malique agissent donc d'une manière très analogue sur la structure de la feuille, en la rendant moins lacuneuse et en accentuant la disposition palissadique du parenchyme supérieur.

En dehors du glucose, il n'y a que le saccharose qui ait donné un développement normal du Radis ; saccharose et glucose ont une action analogue à concentrations égales. Toutes les modifications anatomiques signalées antérieurement pour le glucose se retrouvent quand on fournit à la plante du sucre de canne. Le maltose, le lévulose et le lactose, ce dernier plus faiblement, sont utilisés par le Radis.

D. — Action de quelques substances azotées.

Asparagine. — Les substances azotées que j'ai fait absorber au Radis pour me rendre compte des modifications morphologiques qu'elles amènent sont surtout l'asparagine et la peptone ; occupons-nous d'abord de l'asparagine qu'on peut avoir bien pure.

Dans les conditions où nos cultures se sont effectuées, l'asparagine donnée comme seule matière organique à la plante ne nous est pas apparue comme alimentaire : mais lorsqu'on l'ajoute au glucose le développement s'effectue bien, avec des caractères très particuliers, tant au point de vue extérieur qu'en ce qui concerne la structure anatomique. Nous avons toujours opéré avec des solutions contenant 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine.

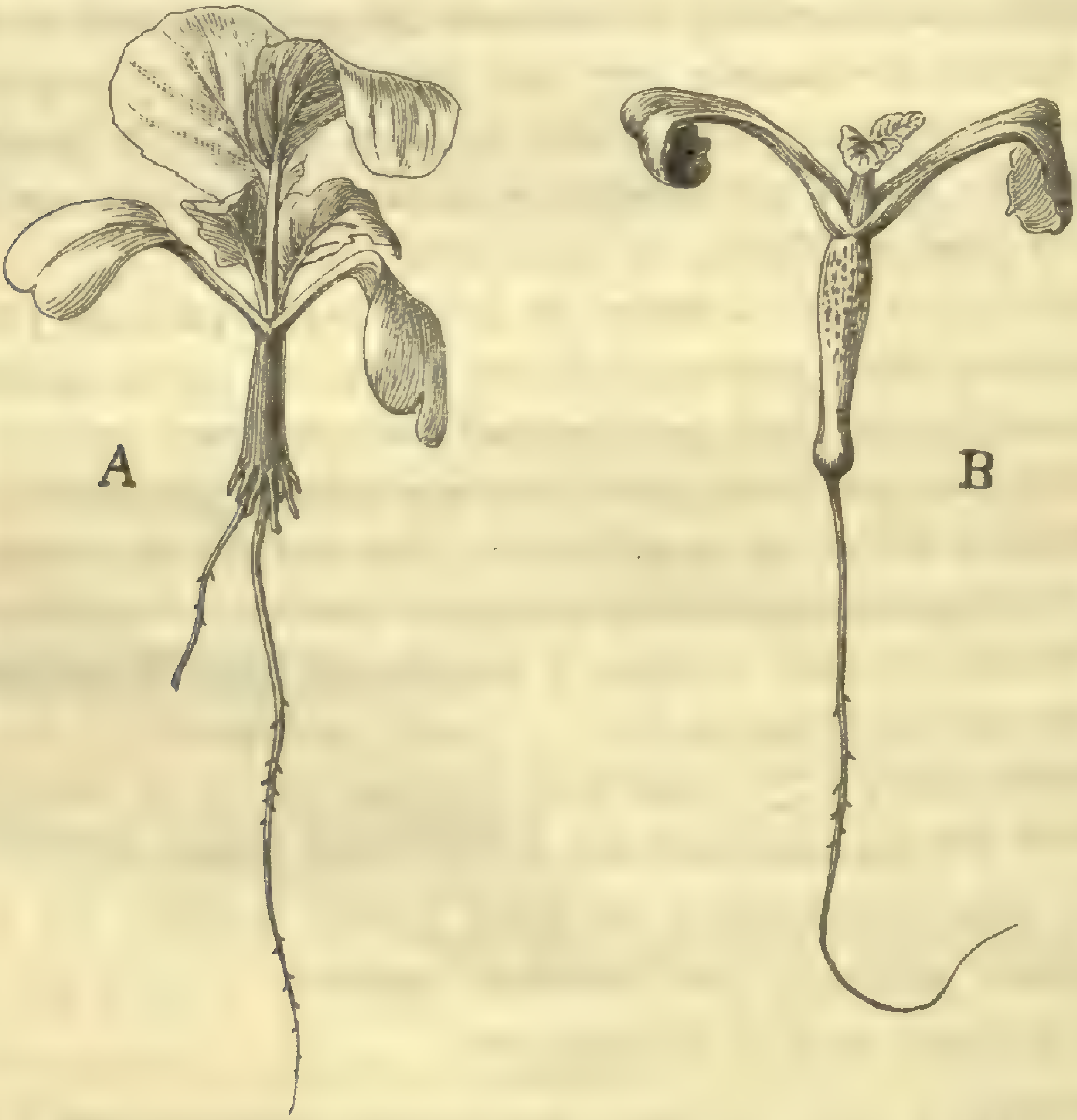


Fig 32. — Radis développés pendant un mois sur une solution à 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine, en tube ouvert (A) et en tube fermé (B) (Gr. nat.).

La figure 5 de la Planche 8 représente un échantillon qui s'est développé sur ce milieu ; le limbe des feuilles est toujours absolument entier, très épais, comme charnu, à dents peu accentuées ; sa teinte est différente de celle des feuilles à qui on ne donne que du glucose. L'axe hypocotylé est épais et les racines sont toujours mal développées ; elles restent courtes et prennent un aspect coralloïde analogue à celui que détermine l'absorption de diverses matières vénéneuses : peut-être faut-il tenir compte à ce propos du traitement par la chaleur qu'a subi la solution d'asparagine pour être stérilisée ; on sait en effet que sous cette action l'asparagine se décompose en partie pour donner de l'aspartate d'ammoniaque et c'est peut-être cette substance qui agit sur les racines de la même manière qu'agissent les autres sels ammoniacaux, ainsi que nous le verrons plus loin. En

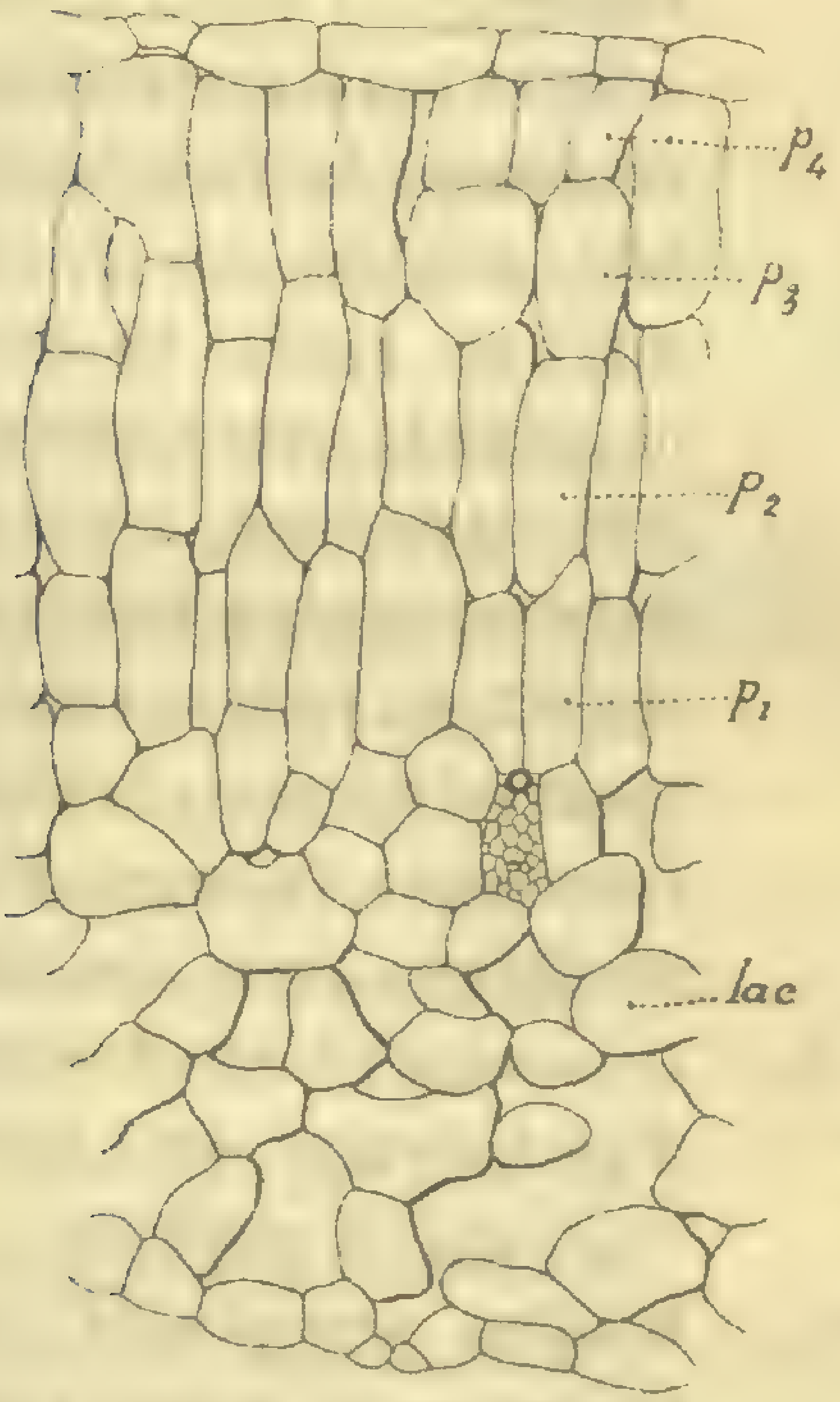


Fig. 33. — Limbe de Radis développé dans une solution contenant 5 $^{0}/_{0}$ de glucose et 2 $^{0}/_{0}$ d'asparagine, en tube ouvert (Gr. = 140).

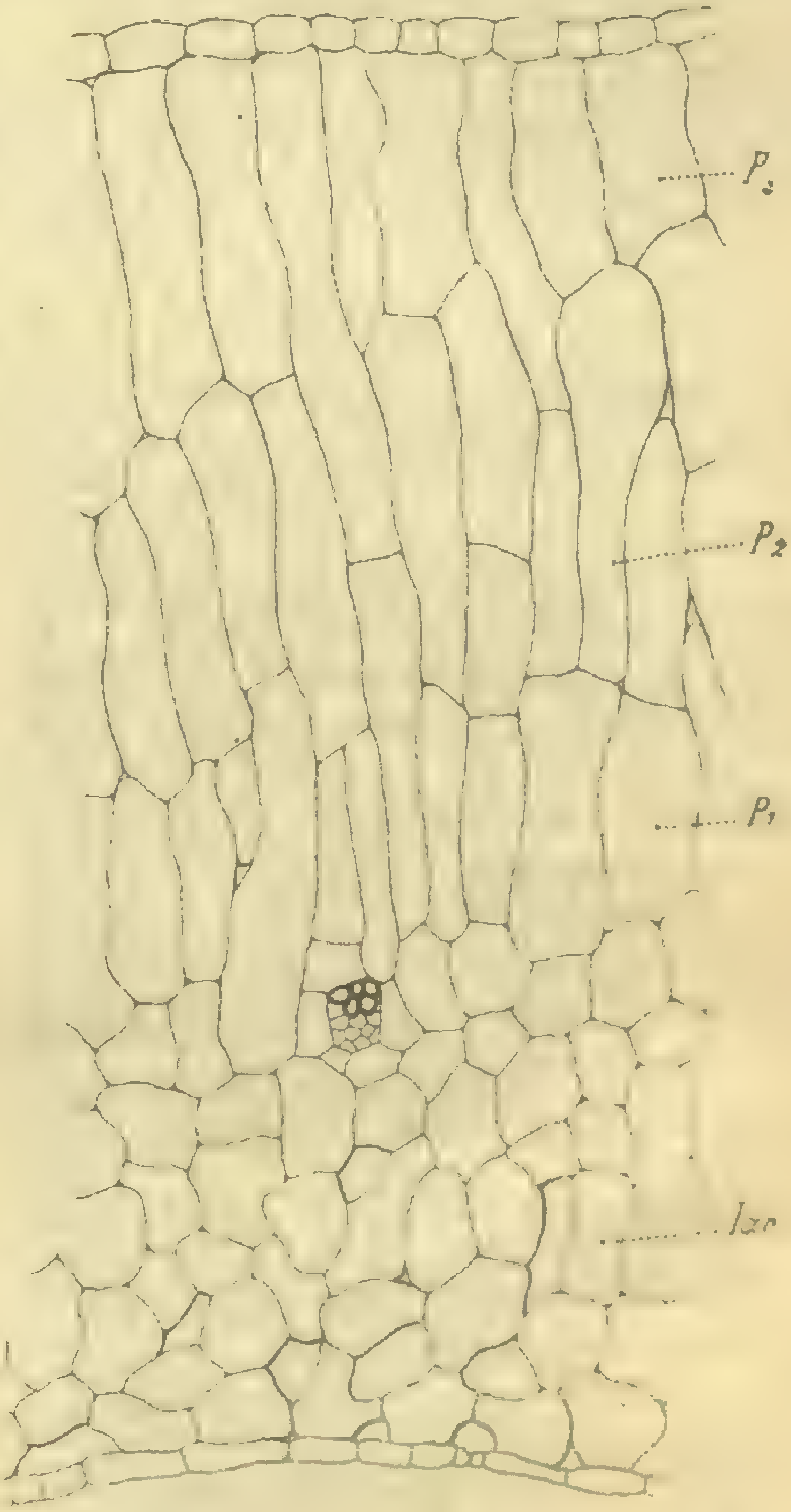


Fig. 34. — Limbe de Radis développé sur une solution contenant 5 $^{0}/_{0}$ de glucose et 2 $^{0}/_{0}$ d'asparagine, en tube fermé (Gr. = 55 ; ce grossissement est beaucoup plus faible que celui de la fig. 33 qui est comparable).

tubes ouverts, les boutons de fleurs peuvent se constituer et atteindre presque leurs dimensions définitives, mais ne s'ouvrent pas. Je n'ai pas observé de tubercules dans ce milieu azoté.

Le limbe épais de la feuille présente environ 4 assises palissadiques (fig. 33), c'est-à-dire plus qu'en présence du glucose seul à la concentration de 5 °/₀ ; l'amidon est à peu près développé, dans la feuille et la tige, de la même manière que s'il n'y avait pas d'asparagine.

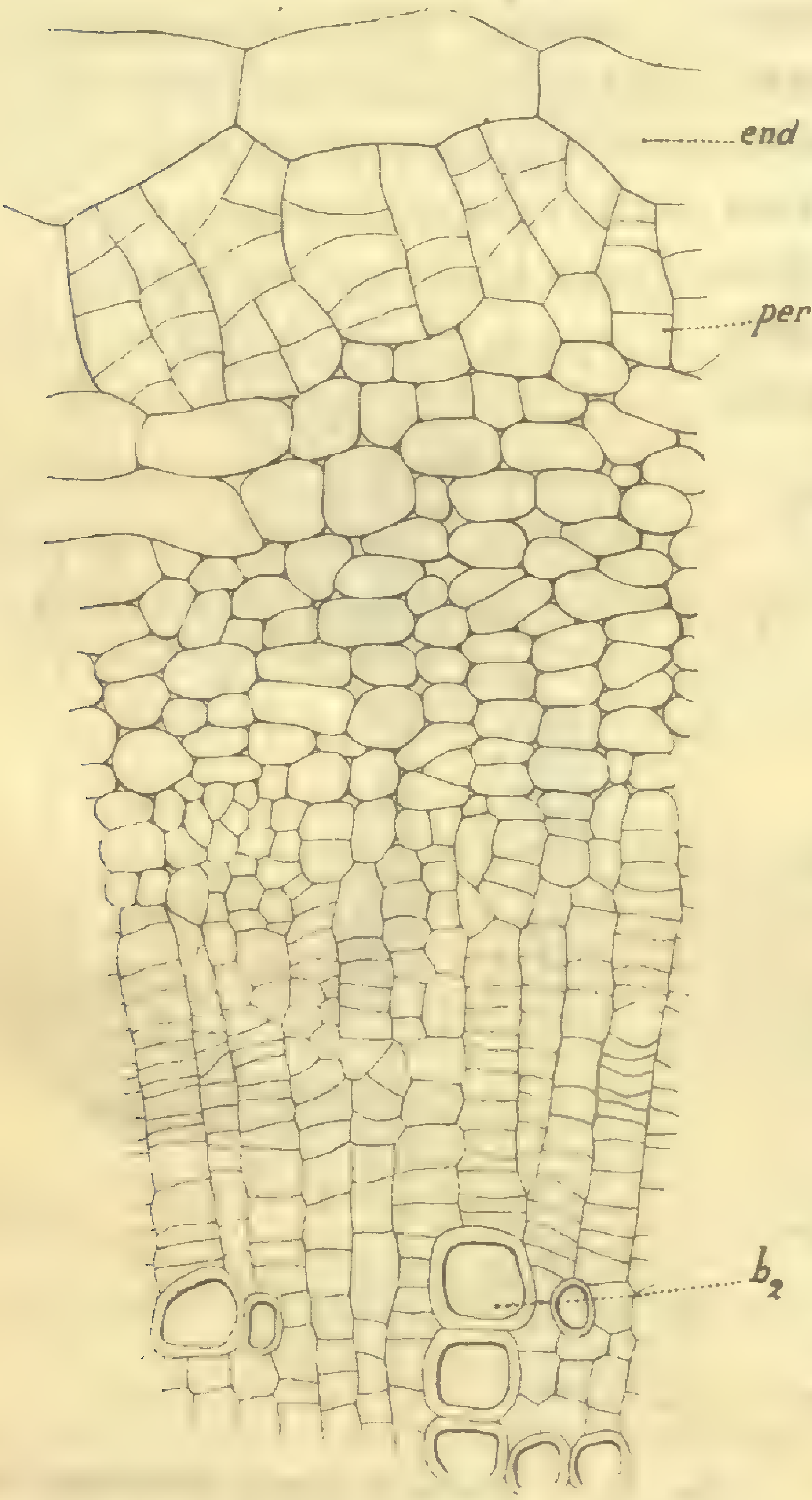


Fig. 35. — Partie périphérique du cylindre central de l'axe hypocotylé d'un Radis développé sur une solution contenant 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine, en tube ouvert. b_2, vaisseaux ligneux secondaires ; *per*, péricycle ; *end*, endoderme (Gr. = 275).

En tubes fermés, l'épaississement de l'axe hypocotylé s'accentue ; ce dernier se renfle beaucoup immédiatement en dessous des cotylédons, ainsi que dans sa région inférieure (fig. 32, B), restant relativement mince dans la région moyenne ; la surface est verdâtre, avec de nombreuses petites taches roses d'anthocyane qui n'arrivent pas à confluer ; les feuilles accentuent leur épaisseur en même temps qu'elles deviennent très jaunes. Ces modifications correspondent à une absorption très intense d'asparagine ; alors que pour un certain temps de culture, les plantes ont un poids sec de 14$^{\text{mgr}}$ sur solution minérale et en atmosphère confinée, ce poids devient égal à 22$^{\text{mgr}}$ en présence de 5 °/₀ de glucose et à 34$^{\text{mgr}}$ avec 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine.

Dans ces conditions, les cellules palissadiques sont excessivement allongées ; l'amidon est encore beaucoup plus abondant qu'en tubes ouverts, moins cependant que lorsque le glucose est seul. L'axe hypocotylé s'épaissit surtout grâce à la formation de tissus secondaires importants ; le péricycle se cloisonne abondamment, ses cellules tendent à prendre la forme sphérique ; les figures 35 et 36 représentent les tissus compris entre les derniers vaisseaux du bois formés et l'endoderme dans l'axe hypocotylé, suivant que la culture a eu lieu en tube ouvert (fig. 35) ou en atmosphère confinée (fig. 36). Dans ces dernières conditions le liber est beaucoup plus développé, surtout dans la région qui se trouve en dedans de l'assise génératrice.

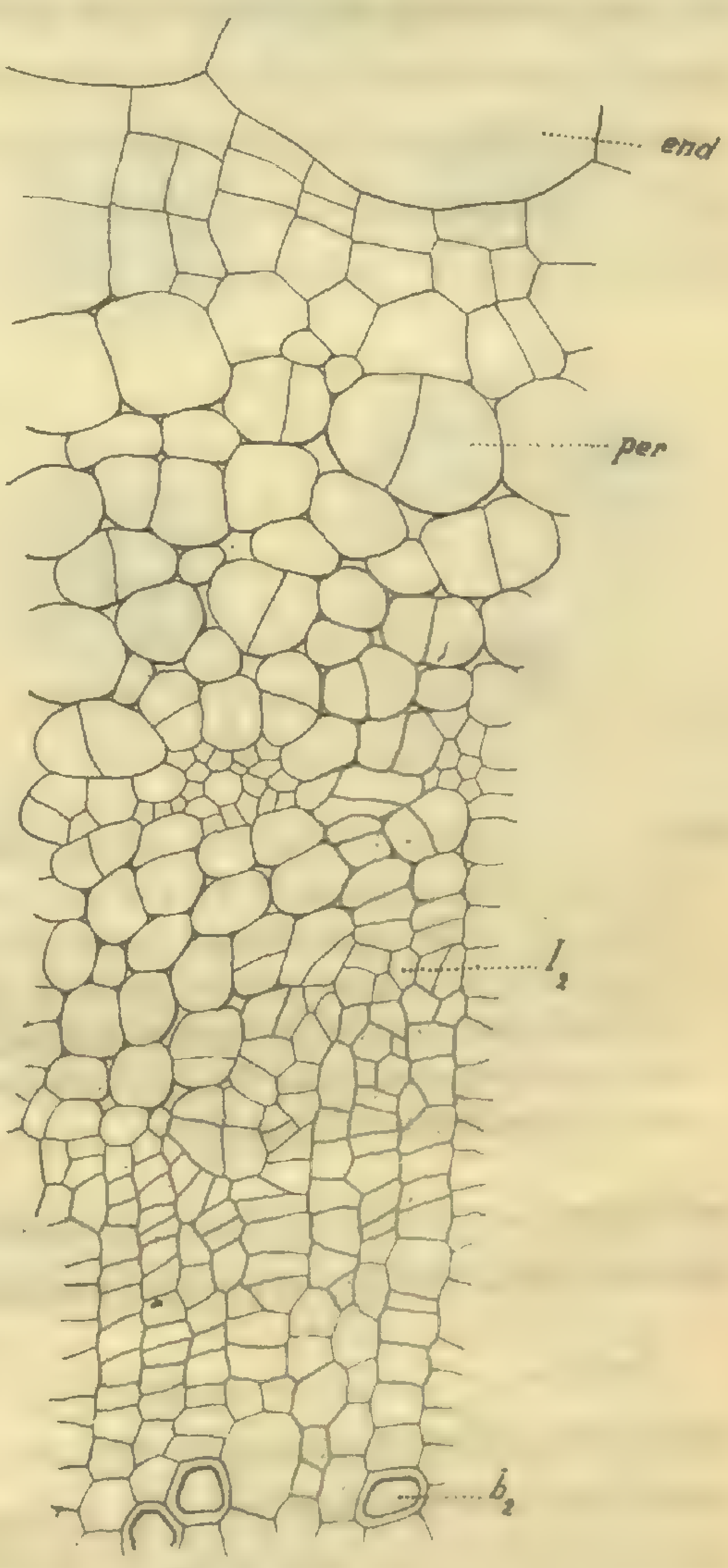


Fig. 36. — Partie périphérique du cylindre central de l'axe hypocotylé d'un Radis développé sur une solution contenant 5 °/$_0$ de glucose et 2 °/$_0$ d'asparagine, en tube fermé ; mêmes lettres que pour la fig. 35 (Gr. = 275).

L'écorce subit une hypertrophie très remarquable de ses cellules et une dégénérescence qui se traduit en particulier par une désorganisation de son noyau ou de ses noyaux (car il n'est pas rare que les cellules deviennent multinucléées) ; chacun de ces noyaux présente d'abord des amas de chromatine plus gros qui finissent par former des sortes de nucléoles (fig. 37) ; le contour nucléaire devient irrégulier et on finit par assister à une dissolution du noyau dans le cytoplasma environnant.

Ces phénomènes de cloisonnement et de dégénérescence cellulaires, provoqués par l'absorption de l'asparagine, sont tout à fait comparables à ce qui se passe dans les galles sous l'action de parasites animaux ou végétaux ; les cellules que nous venons de décrire rappellent celles que j'ai signalées (**41**) dans le filet des étamines du *Raphanus Raphanistrum* L. attaqués par le *Dasyneura Raphanistri* Kieff. ou dans l'épiderme du *Geranium dissectum* L. transformé par *Eriophyes Schlechtendali* Nal. Le même résultat peut donc provenir de causes lointaines en apparence fort différentes ; il est très naturel d'admettre que l'action cécidiogène se traduit tout d'abord par un afflux de certaines substances organiques qui agiront sur les cellules d'une manière identique à l'asparagine dans nos cultures en atmosphère confinée.

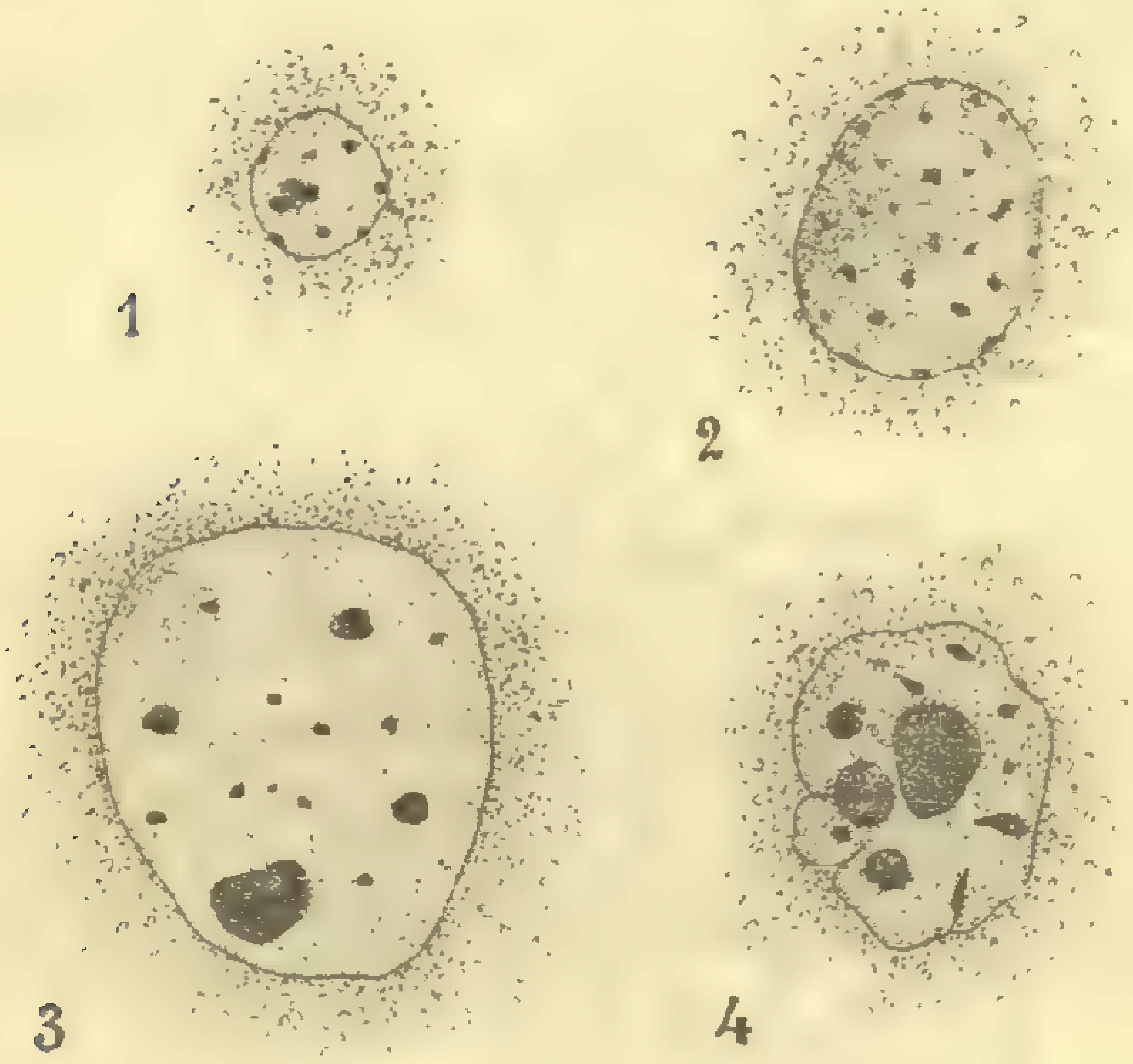


Fig. 37. — 1, noyau normal des cellules corticales de l'axe hypocotylé du Radis ; 2, 3, 4, noyaux de cette même région subissant une hypertrophie et une désorganisation dans les individus cultivés, en tubes fermés, sur une solution contenant 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine (Gr. = 700).

Peptone.— La peptone de Witt, que j'ai employée dans une autre série de cultures, n'augmente pas le poids sec lorsqu'on l'ajoute seule au milieu minéral ; j'ai obtenu, au bout de 3 mois, un poids sec de 43^{mgr} avec une dose de 2 °/₀, 37^{mgr} avec 5 °/₀, 46^{mgr} avec 10 °/₀ et les plantes étaient visiblement arrivés à la fin de leur développement ; or, dans le même temps, la solution minérale donnait un rendement moyen de 45^{mgr}. Les feuilles, d'abord vertes, se décolorent rapidement, prenant une teinte violacée pâle (Pl. 9, fig. 8) et se dessèchent à partir de certaines régions qui apparaissent comme des taches grises ; les plantes ne supportent pas une dose supérieure à 10 °/₀.

La décoloration des feuilles produite par la peptone et d'autres substances azotées explique probablement certains cas de chlorose.

je veux parler de ceux que présentent plusieurs espèces végétales, telles que l'*Urtica dioica*, le *Ballota fœtida*, le *Chenopodium album*, quand elles se développent dans des décombres riches en matières organiques, ou au voisinage de tas de fumier. Ne serait-ce pas par une action semblable que s'expliquerait la diminution ou la disparition de la chlorophylle chez les plantes supérieures parasites ?

Si on ajoute 2 °/o de peptone à la solution glucosée à 5 °/o, les caractères que prennent les plantes rappellent beaucoup ceux qu'elles acquièrent en présence de l'asparagine ; la figure 7 de la Planche 9 représente un Radis développé dans ces conditions ; les feuilles sont très larges, entières, épaisses, à pétiole court ; leur teinte verte est surtout affaiblie sur le bord, et les grosses nervures se détachent en vert sur le fond général plus jaune. Les racines sont coralloïdes, comme pour le milieu précédent (fig. 38), et prennent vite une teinte acajou.

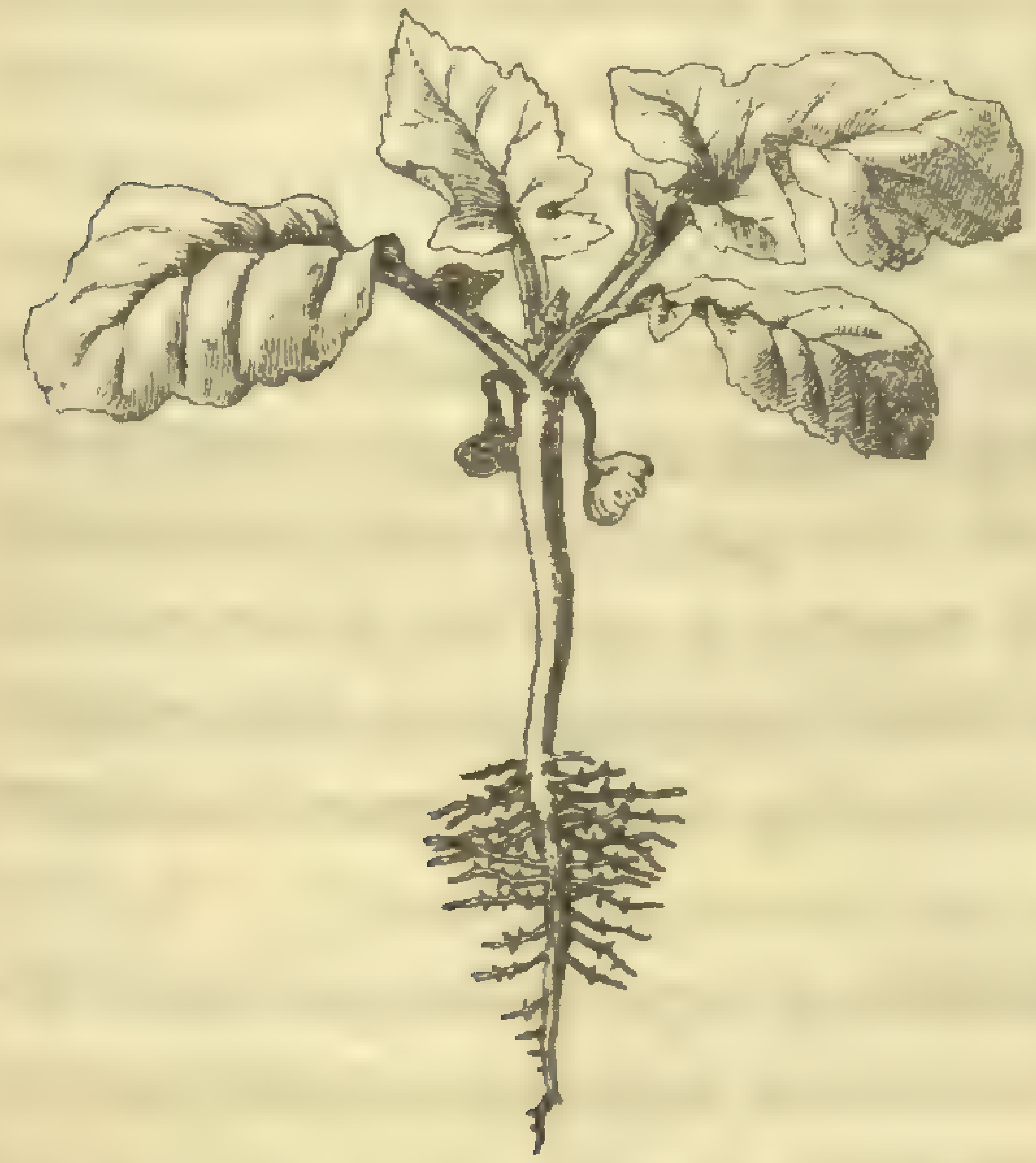


Fig. 38. — Radis qui s'est développé sur une solution à 2 °/o de peptone (racines coralloïdes) (Gr. nat.).

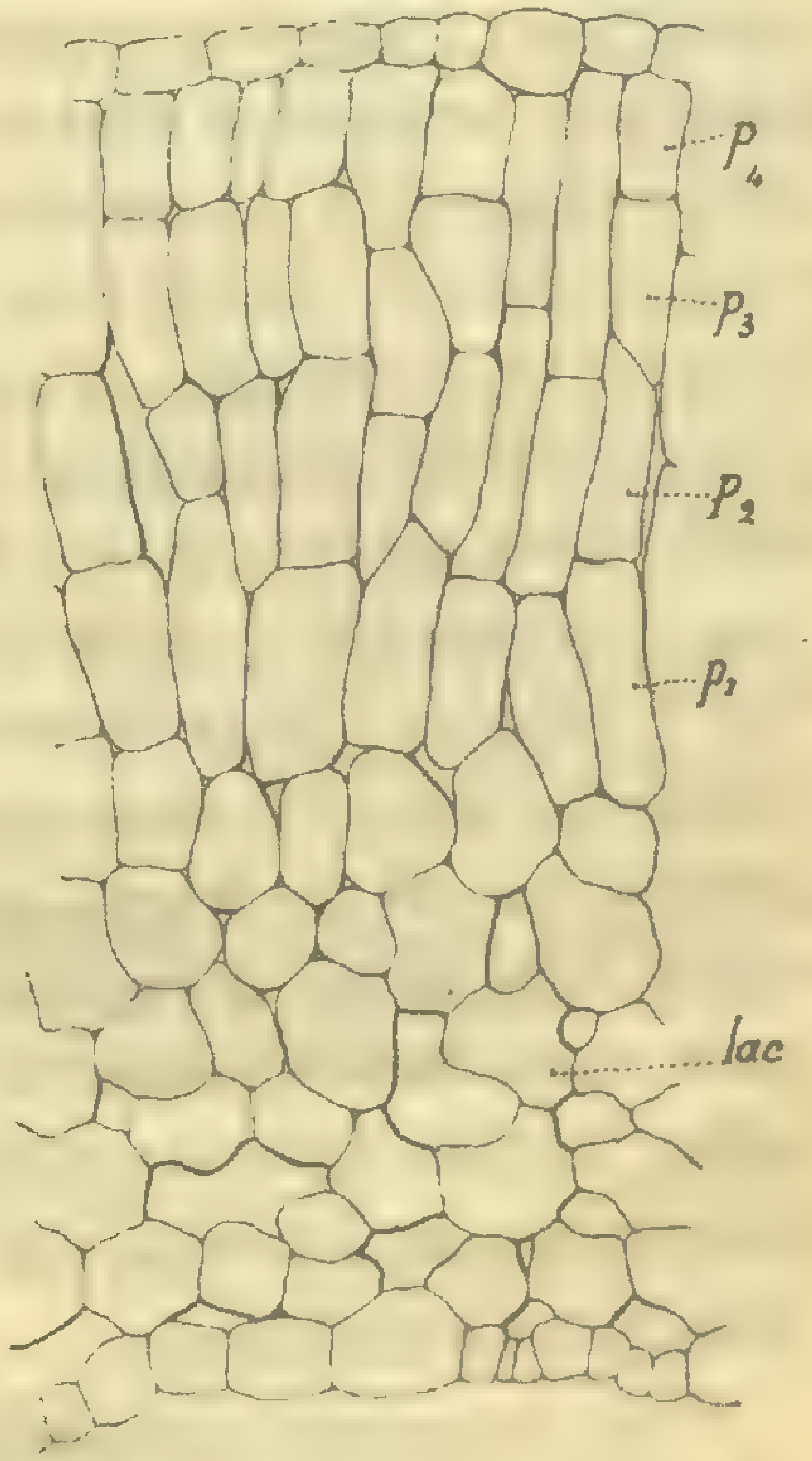


Fig. 39. — Limbe de Radis cultivé sur une solution contenant 5 °/o de glucose et 10 °/o de peptone ; p_1, p_2, p_3, p_4, assises palissadiques ; *l*, tissu lacuneux (Gr. = 140).

La figure 39 nous dispensera de toute description relative aux caractères anatomiques du limbe correspondant à une solution contenant 5 °/o de glucose et 10 °/o de peptone. Ce qui distingue le mieux la peptone de l'asparagine dans la façon dont ces deux substances agissent sur le Radis, c'est que la première favorise nettement la production d'amidon ; ce corps est déjà très abondant dans le tissu lacuneux et l'assise palissadique inférieure pour 5 % de glucose et 2 % de peptone, les cultures ayant lieu en tubes ouverts; on se rappelle qu'avec 5 % de glucose il n'apparaît pas d'amidon dans le parenchyme vert de la feuille.

Autres substances azotées. — L'urée s'est comportée comme un poison pour le Radis à la dose de 0,5 %, lorsqu'elle constitue la seule substance organique fournie à la plante ; si on l'ajoute, dans la même proportion, à la solution glucosée à 5 %, elle permet encore le développement, mais le retarde notablement, en même temps qu'elle favorise la production d'amidon dans les feuilles : alors que le poids sec d'un échantillon développé en solution de Knop est de 60^{mgr}, il est, pour le même temps de croissance, de 168^{mgr} en solution glucosée à 5 % et de 74^{mgr} quand on ajoute à cette dernière 0,5 % d'urée. Nous avons donc avec l'urée un exemple d'une substance qui, à la dose employée, entrave nettement le développement en même temps qu'elle provoque la mise en réserve des sucres sous forme d'amidon ; il ne faut pas donc voir nécessairement dans la formation de cette réserve le résultat d'une assimilation intense, mais simplement d'une concentration des cellules en sucres, concentration qui peut résulter d'une absence de migration de ces substances.

J'ai, de même, fait quelques séries d'expériences en vue d'observer les modifications morphologiques qu'amène l'addition au milieu nutritif d'azote nitrique ou ammoniacal.

A la dose de 1 %, l'azotate de calcium augmente le rendement en poids sec vis-à-vis de la solution minérale témoin (il augmente dans ce cas l'assimilation chlorophyllienne, rapportée à la plante entière, à l'unité de surface, de poids frais ou de poids sec) ; il le diminue au contraire nettement quand on l'ajoute à la solution glucosée à 5 %. Lorsque la solution ne contient pas de glucose, la croissance des radicelles souffre de la présence de 0,2 % d'azotate de calcium ; elles restent courtes et prennent l'aspect coralloïde que nous avons déjà constaté par l'asparagine et la peptone ; la présence du glucose permet aux racines de se développer normalement avec des doses beaucoup plus considérables d'azotate. Les plantes peuvent fleurir avec 2 $^0/_0$ de ce sel et 5 $^0/_0$ de glucose.

L'azotate de calcium, sans glucose, accentue le tissu palissadique qui peut présenter 3 assises lorsque la dose atteint 2 $^0/_0$; il se comporte sous ce rapport d'une manière analogue au chlorure de sodium.

Le carbonate d'ammoniaque, ajouté à la solution minérale, arrête tout développement à la dose de 0,2 $^0/_0$; si on se sert de la solution glucosée on constate que les plantes peuvent supporter jusqu'à 0,5 de ce sel ; avec 0,1 $^0/_0$ de carbonate d'ammoniaque et 5 $^0/_0$ de glucose la croissance est normale et il se constitue des tubercules; avec une dose plus considérable nous retrouvons l'atrophie des racines caractéristique de toutes les substances azotées trop concentrées.

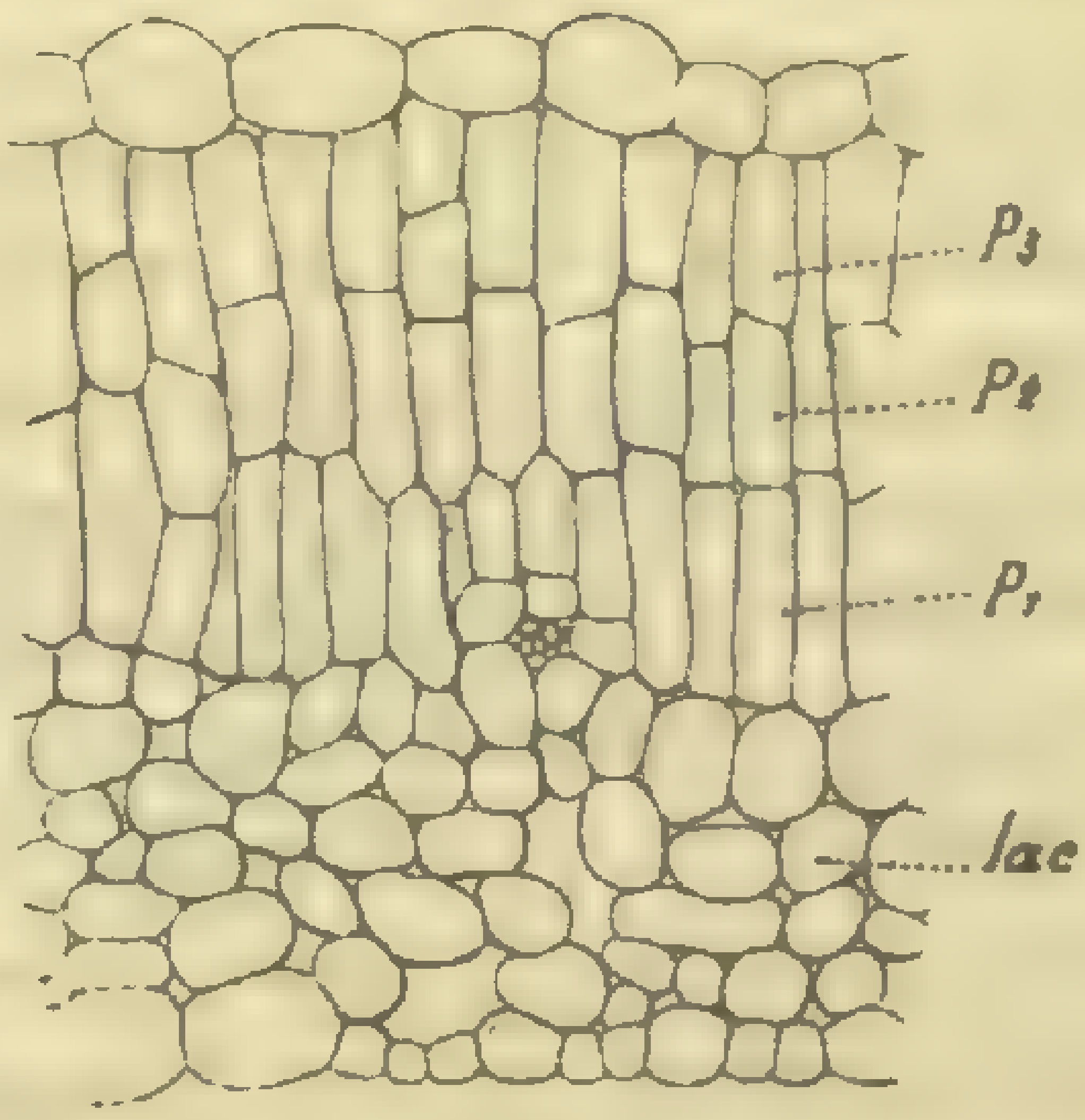


Fig. 40. — Limbe de Radis cultivé sur une solution contenant 5 $^0/_0$ de glucose et 0,5 $^0/_0$ de carbonate d'ammoniaque (Gr. = 140).

Le carbonate d'ammoniaque augmente, en présence de 5 $^0/_0$ de glucose, le développement du tissu palissadique et favorise très nettement la production d'amidon ; pour 0,1 $^0/_0$ de ce sel on ne trouve dans la feuille que quelques rares grains d'amidon autour des nervures du pétiole et du limbe; avec 0,2 $^0/_0$ l'amidon apparaît dans tout le parenchyme du pétiole; la production d'amidon est encore exagérée si la dose atteint 0,5 $^0/_0$. La figure 40 représente la coupe du limbe dans ces dernières conditions. La forme des feuilles, en présence de ce sel, tend à se rapprocher de celle que prennent ces organes sous l'action de la peptone.

En résumé les faits essentiels qui se rapportent à l'action des substances azotées étudiées sont les suivants :

Le port du Radis est très modifié par l'action de l'asparagine et de la peptone (feuilles entières, larges et épaisses, axe hypocotylé renflé).

En atmosphère confinée l'asparagine produit une dégénérescence des cellules de l'écorce tout à fait comparable à celle qui a lieu sous l'action de divers parasites.

Toutes les substances azotées essayées exercent, à une dose suffisante, une action identique sur les racines, qui deviennent coralloïdes.

La peptone et le carbonate d'ammoniaque ont une action favorisante très nette sur la production d'amidon.

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX

SUR LES CHAMPIGNONS

PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES

parus de 1898 à 1906 (*Suite*)

En dehors des particularités précédentes, **Dangeard** montre que la structure du noyau et surtout son mode de division rapprochent beaucoup le *Polyphagus* des Péronosporées et des Saprolégniées où, comme nous le verrons, il n'y a pas de centrosomes et où la mitose se produit à l'intérieur de la membrane nucléaire sans le secours de filaments achromatiques intraplasmiques. Une nouvelle ressemblance résulte pour **Dangeard** de la présence dans le *Polyphagus* de *cœnocentres*, organes à structure définie mais à existence passagère, qu'on a signalés dans les Saprolégniées et les Péronosporées. Nous verrons, à propos de ces Champignons, le rôle qu'on leur attribue dans la conjugaison des noyaux. **Dangeard**, qui les rapproche des corps réfringents des zoospores, les regarde plutôt comme des leucites analogues aux pyrénoïtes des algues qui, au lieu d'amidon, accumuleraient ici du glycogène autour d'eux.

Enfin **Dangeard** croit trouver dans le *Polyphagus*, où l'accouplement de l'élément mâle peut avoir lieu avant qu'il ait atteint tout son développement, une preuve de plus en faveur de sa théorie générale de la sexualité. Pour lui, les êtres vivants primitivement asexués ne sont devenus sexués que pour résister aux conditions défavorables que peut présenter le milieu où ils vivent. En particulier, l'épuisement des matières nutritives amène chez eux une sorte de faim qui provoque l'apparition de l'attraction sexuelle. La fécondation, la fusion des deux cellules en une seule qui en résulte, ne serait qu'une *autophagie* qui rendrait possible la continuation de l'évolution. Nous nous contenterons de signaler ici ces idées de **Dangeard** que nous aurons l'occasion de retrouver à propos d'autres travaux où il les a développées plus abondamment. Nous retiendrons seulement, des considérations théoriques qui suivent le mémoire sur le *Polyphagus*, que l'auteur regarde les Monadinés zoosporés comme ayant donné naissance aux Chytridinés et celles-ci aux différents types de champignons que nous connaissons, à l'exclusion des algues qui formeraient un rameau phylétique tout à fait distinct de celui des Champignons.

2° **Saprolégniées.** — La question de la sexualité dans les Saprolégniées a donné lieu récemment à de nombreux travaux d'ordre cytologique et les résultats, acquis pour ce groupe et le groupe voisin des Péronosporées, constituent un ensemble suffisamment coordonné pour qu'on puisse affirmer que nos connaissances sur cette matière ont fait de grands progrès dans ces dernières années.

Il y a d'ailleurs longtemps que ces études ont exercé la sagacité des chercheurs dans le groupe des Saprolégniées. On sait qu'une longue controverse s'est établie autrefois entre **Pringsheim** et **De Bary** soutenu par **Cornu**, **Marschall Ward** et **Zopf**. **Pringsheim** affirmait l'existence d'une véritable sexualité dans les Saprolégniées et reconnaissait chez elles tous les caractères d'une alternance de génération. **De Bary** et les savants de son école les considéraient au contraire comme apogames, les anthéridies n'étant plus fonctionnelles lorsqu'elles étaient présentes et ne représentant plus que des *organes témoins* d'un état sexuel totalement disparu.

Hartog (1889, 1891, 1896), qui le premier a utilisé pour élucider ce problème les méthodes cytologiques modernes s'est rangé à l'opinion de **De Bary**. Cependant **Trow**, dès 1895, a montré que dans les *Saprolegnia* l'apogamie est loin d'être le cas général. Beaucoup plus récemment, il a repris la question et présenté de nouveaux arguments en faveur de la théorie de **Pringsheim**, en même temps qu'il a contribué à étendre nos connaissances sur la cytologie des Saprolégniées dont l'étude présente de grandes difficultés techniques.

Dans une première étude sur l'*Achlya americana* (1) il montre que les noyaux, après s'être divisés par division indirecte dans le mycelium passent en grand nombre dans le sporange et les gamètes. Dans les sporanges ils ne subissent ni division ni fusion ; il n'en est pas de même dans les gamètes. Dans les oogones et les anthéridies, quelques noyaux, sinon tous, subissent une division indirecte typique où le nombre des chromosomes est 4 ou voisin de 4. Jamais il ne se fait de fusions de noyaux dans les gamètes mâles ou femelles considérés séparément, en revanche, dès que l'oogone et l'anthéridie sont réunis par le tube de communication, la plupart des noyaux disparaissent dans l'oogone par dégénérescence ou digestion ; il n'en subsiste que deux par oospore : l'un, central, qui est le noyau femelle de l'oospore ; l'autre, périphérique et situé près de l'orifice du tube de communication. L'auteur le considère comme un noyau mâle provenant de l'anthéridie : cette opinion est fondée sur la position périphérique du noyau et sur le fait que, dans les oospores très jeunes, on ne rencontre jamais qu'un seul noyau central. Peu après la pénétration du noyau mâle, l'oospore, d'abord nue, s'entoure d'une membrane, et les deux noyaux se fusionnent, car on ne retrouve plus dans l'oospore mûre qu'un gros noyau central. D'après Trow, ces faits ne peuvent s'expliquer que par une fécondation véritable.

---

(1) A. H. Trow : *Observations on the Biology and Cytology of a new variety Achlya Americana.* Ann. of. Bot. XIII, 1899, 3 pl.

Cette opinion n'est pas partagée par Hartog (1), qui a repris la question. Pour lui, les figures que Trow prend pour des divisions amitotiques précédant la dégénérescence de la plupart des noyaux de l'oogone seraient, au contraire, des fusions de noyaux, et, à la suite de ces fusions successives, qui n'auraient aucun caractère sexuel, il ne subsisterait dans les oospores au moment de leur différenciation qu'un seul noyau.

Malgré cette critique, Trow n'abandonne pas son interprétation des faits et vient bientôt l'appuyer de nouvelles observations (2). Dans le *Pythium ultimum*, il suit la formation des organes reproducteurs et décrit toutes leurs transformations jusqu'à la maturation de l'oospore, qui, ici, est unique. Les noyaux, qui, dans le mycélium, se multiplient par division indirecte, passent dans l'oogone au nombre d'une douzaine au moins et, dans l'anthéridie, au nombre de trois et quelquefois davantage.

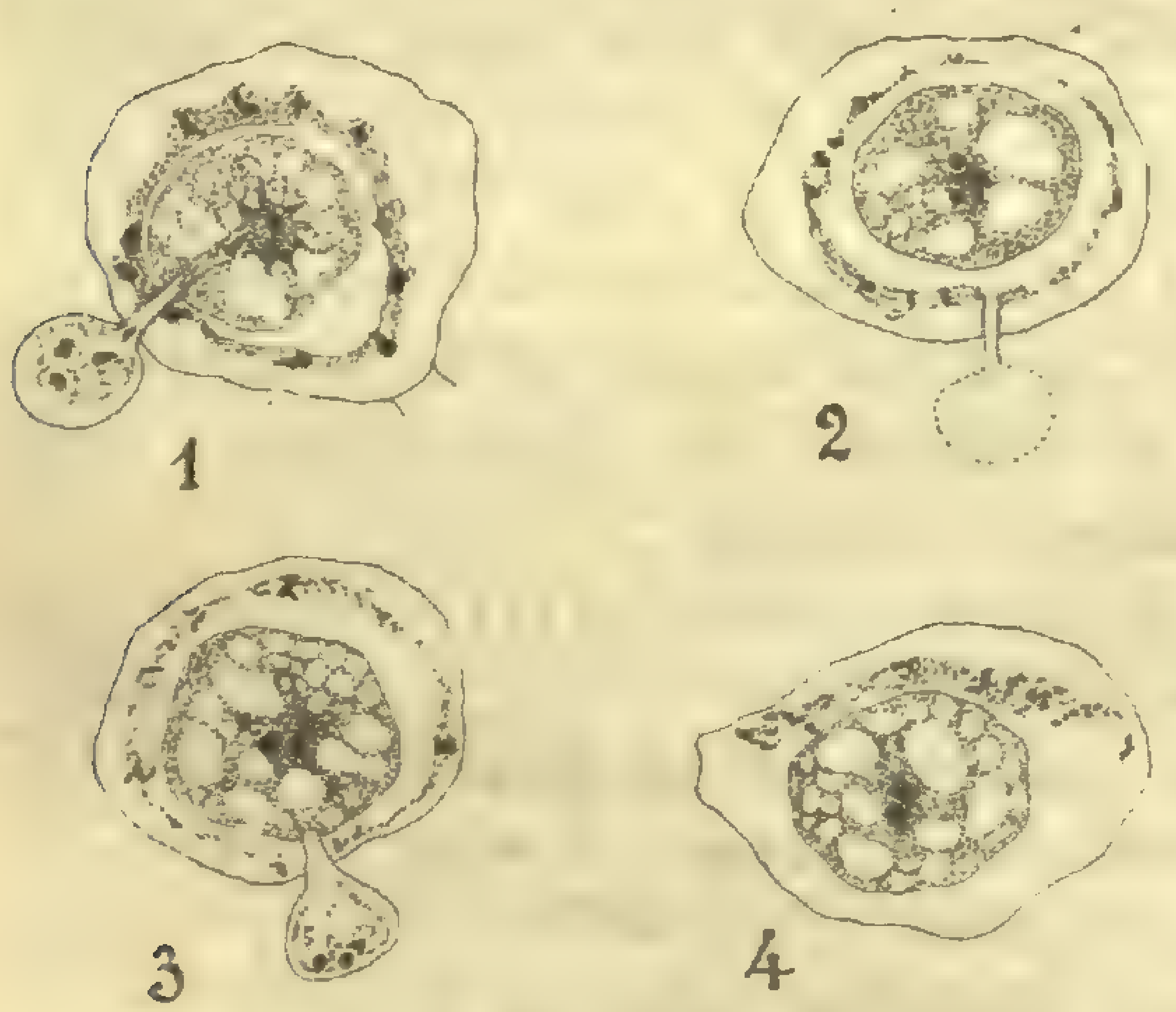


Fig. 1 à 4. — Quelques stades de la Fécondation du *Pythium ultimum* (d'après Trow).

Dès que les deux gamètes sont différenciés, leurs noyaux dont nous venons de voir l'origine, subissent toujours une nouvelle division qui en double le nombre. Dans l'oogone, la plupart des noyaux passent dans la zone périphérique différenciée en périplasme et y dégénèrent sans qu'une semblable différenciation se produise dans l'anthéridie, comme on l'avait signalée pour les *Pythium*. Il ne subsiste qu'un seul noyau au centre de l'oogone.

A ce moment, le tube de communication issu de l'anthéridie force la paroi de l'oogone et pénètre profondément à son intérieur en traversant le périplasme. Un des noyaux de l'anthéridie parcourt ce tube et s'enfonce dans l'oogone.

---

(1) M. Hartog : *The alleged Fertilisation in the Saprolegniales*. Ann. of Bot. XIII, 1899, p. 447.

(2) A. H. Trow : *Observations on the Biology and cytology of Pythium ultimum n. sp.* Annal. of Bot. XV, 1901, 2 pl.

(A suivre). I. Gallaud.

430 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT. 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

RÉCENTES PUBLICATIONS BOTANIQUES

Ph. L. de Vilmorin : *Reana luxurians × Zea Mays* (Soc. Bot. de France, Séance du 25 Janvier 1907, p. 39).

E. C. Jeffrey et M. A. Chrysler (Harvard, University) : *On cretaceous Pityoxylon* (tir. à part. Botanical Gazette, 42 : 1-15 Juillet 1906). — *The Lignites of Brandon* (Extrait du 5e Report Vermont State Geologist).

Ph. Van Harreveld : *Die Unzulänglichkeit der heutigen Klinostaten für reizphysiologische Untersuchungen.* Groningue 1907. (A paru dans le Recueil des Travaux botaniques Néerlandais, vol. III, p. 173).

Dott. Giuseppe Gola : *L'Acido cianidrico e i glucosidi cianogenetici nel regno vegetale* (Extrait du Supplemento Annuale all' Enciclopedia di Chimica, diretto dal Prof. I. Guareschi, vol. XXIII, 1907).

S. Kostytschew : *Ueber die normale und die anäerobe Atmung bei Abwesenheit von Zucker.* (Respiration normale et respiration anaérobie en l'absence de sucre). Tirage à part des Jahrbücher f. wissensch. Botanik, vol. XL, cahier 4. Leipzig, 1904.

A. Guilliermond : *A-propos de l'origine des levûres* (Extrait des « Annales mycologici », vol V, n° 1, 1907).

E. Griffon : *Quelques essais de greffage des Solanées* (Bullet. Soc. bot. de France, 4e série. t. VI, Déc. 1906, p. 699).

J. Maheu : *Sur les organes sécréteurs des Ménispermacées* (Bullet. Soc. Bot. de France, 4e série, t. VI, Décembre 1906, p. 651).

E. **Malinvaud** : *Florulae oltensis Addimenta ou Nouvelles annotations à la flore du département du Lot* (Bullet. Soc. Bot. de France, 4ᵉ série, t. VI, Décembre 1906, p 641).

Ed. **Griffon** : *Une maladie des choux-fleurs* (Extrait du Bulletin de l'Office de renseignements agricoles 1906, n° 7).

E. **Jentys** : *Sur la nature chimique et la structure de l'amidon* (Extrait du Bulletin de l'Acad. des Sc. de Cracovie, classe des sciences mathém. et nat. Mars 1907).

Eug. **Charabot** et G. **Laloue** : *Sur la migration des composés odorants* (C.R. Acad. Sc. Paris, Séance du 15 Avril 1907, p. 808).

G. **Chauveaud** : *Sur une nouvelle interprétation des mouvements provoqués dans les étamines de* Berberis (Bullet. Soc. bot. France, 4ᵉ série, t. VI, Décembre 1906, p. 694).

Marcel **Dubard** : *Revision du genre* Oxera (Verbénacées) (Société botanique de France, Bulletin, Décembre 1906, p. 705).

Bouly de Lesdain : *Notes lichénologiques et Lichens des environs de Luxeuil* (*Haute-Saône*) (Société botanique de France, Bulletin, 4ᵉ série, t. VI, 1906).

C. **Quéva** : *Différenciation des tissus du stipe et de la fronde des* Equisetum (C. R. Acad. Sc. Paris, Séance du 22 Avril 1907, p. 862).

Chifflot : *Sur la présence de l'*Ustilago Maïdis (D.C.) Corda *sur les racines adventives du* Zea Mays L. *et de sa variété* quadricolor, *et sur les biomorphoses qu'elles présentent* (C.R. Acad. Sc. Paris, Séance du 8 Avril 1907, p. 764).

Abbé **Delmas**, **Marnac**, Alfred **Reynier** : *Aperçu sur la flore de la Montagne Sainte-Victoire près d'Aix-en-Provence* (Extrait du bullet. de l'Acad. internationale de Géographie botanique, Janvier 1907).

D. T. **Mac Dougal** : *Hybridization of wild Plants* (Extrait de The Botanical Gazette 43, 11-14, Janvier 1907). *Report of the Department of bot. research* (extrait du Fifth Year Book of the Carnegie Inst. of Washington, p. 119-135).

S. **Kostytschew** : *Untersuchungen über die Atmung und alkoholische Gärung der* Mucoraceen (Extrait du Centralblatt für Bakteriologie, etc..., Vol. XIII, 1904, nᵒˢ 16-17, p. 490, et 19-20, p. 578).

S. **Kostytschew** : *Zur Frage über die Wasserstoffausscheidung bei der Atmung der Samenpflanzen* (Bericht. Deutsch. Bot. Gesellsch., année 1906, vol. XXIV, cahier 8, p. 436).

S. **Kostytschew** : *Der Einfluss des Substrates auf die anäerobe Athmung der Schimmelpilze* (Bericht. Deutsch. Bot. Geselsch., année 1902, vol. XX, cahier 6).

S. **Kostytschew** : *Ueber die Alkoholgärung von Aspergillus niger* (Extrait, Bericht. Deutsch. Bot. Gesellsch., année 1907, vol. XXV, cahier 2, p. 44).

N. **Wille** : *Algologische Untersuchungen an der biologischen Station in Drontheim* (Meddelelse fra Trondhjems biologiske Station N° 2).

S. **Kostytschew** : *Ueber Atmungsenzyme der Schimmelpilze* (Extrait Bericht. Deutsch. Bot. Gesellsch., année 1904, vol. XXII, cahier 4, p. 208).

Lucien **Courchet** : *Contribution à l'étude du genre* Cinnamosma, H. Baillon (Extrait des Annales de l'Institut colonial de Marseille, 14ᵉ année, 2ᵉ série, 4ᵉ vol., 1906).

Dʳ Ch. **Bernard** : *Une intéressante phalloïdée de Java,* Clathrella Treubii, n. sp. (Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg, 2ᵉ série, vol. V, pag. 299-310).

Ch. **Bernard** : *Sur l'assimilation chlorophyllienne* (Nouvelles recherches) (Beihefte Bot. Centralbl., vol. XIX, partie I, cahier 1905, p. 59).

Mᵐᵉ Gabrielle **Balicka-Iwanowska** : *Contribution à l'étude du rôle physiologique de l'acide phosphorique dans la nutrition des plantes* (Bulletin Acad. des Sciences de Cracovie, Cl. des Sc. math. et nat., Juillet 1906, p. 617).

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Août 1907

N° 224

*Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.*

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 AOUT 1907

Pages

I. — QUELQUES EXPÉRIENCES SUR LE *SOLANUM COMMERSONI*, par **M. L. Dufour** 353

II. — ACTION MORPHOGÉNIQUE DE QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES SUR LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS (avec planches et figures dans le texte), par **M. Marin Molliard** *(fin)*. 357

III. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES, parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Galland** 392

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON

Planche 10. — *Ipomœa purpurea* LAMK.

Cette livraison renferme en outre trente-quatre figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

DANS TOUTES LES BRANCHES DE L'HISTOIRE NATURELLE

MÉDAILLE D'OR A l'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE

Préparateur-Micrographe

à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie

36, Bd St-Michel

PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

E. LEITZ WETZLAR

Dépôt pr la FRANCE

DES MICROSCOPES de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants speciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture. Autoclaves. Installations complètes de Laboratoires. Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique **COGIT**

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses Réactifs, Matières colorantes pures. - Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

LA REVUE DU MOIS

Paraît régulièrement le 10 de chaque mois depuis le 10 janvier 1906
par livraison de 128 pages gr. in-8 (25 × 16)

Chaque année forme deux volumes de 750 à 800 pages chacun

Directeur : **Émile BOREL,** Professeur-Adjoint à la Sorbonne

La *REVUE DU MOIS* est une revue *générale*, conçue à un point de vue *scientifique*. Elle traite les questions de sciences pures et appliquées, d'hygiène, de sociologie, d'histoire générale et diplomatique, d'art militaire, de critique littéraire, à un point de vue plus philosophique que technique, de manière à intéresser tout le public instruit désireux d'être tenu sérieusement au courant du mouvement des idées. Une Chronique et des Notes bibliographiques complètent chaque livraison.

Envoi de prospectus détaillés et de spécimens sur demande adressée aux bureaux de la Revue, 2, boulevard Arago, PARIS

Prix de l'Abonnement :

Un an, Paris, **20** francs ;	départements, **22** francs ;	Union postale, **25** francs
Six mois — **10** francs ;	— **11** francs ;	— **12** fr. **50**

Prix de la livraison : **2** fr. **25**

On s'abonne sans frais chez tous les libraires et dans les bureaux de poste

Dépôt général : Librairie H. LE SOUDIER, 174-176, boulevard Saint-Germain, PARIS

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Saccardo, P.-A. — Sylloge fungorum, 8 tomes en 10 vols, avec les suppléments I et II, 2 vols ; ou tome I à X. Patavii 1882-1892	**700** fr.
Baillon, H. — Histoire des plantes, 13 vols (tout publié)	**250** fr.
Wildeman, E. de. — Enumération des plantes récoltées au Congo par E. Laurent en 1903-04. Fasc. I à IV, Bruxelles 1905-07, 450 p., 142 pl. en cartons	**75** fr.
Moore et Lindley. — The ferns of Great Britain and Ireland. London 1855. Gr. in-folio av. 51 planches, col. nature printed by Bradbury. rel.	**100** fr.

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER
Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM
DE LA
NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT
Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2,028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (Ve)

Prix : *franco*, broché . . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes

PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS

TÉLÉPHONE 729-27

Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères. Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux.** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant $1^{m}10 \times 0^{m}90$, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

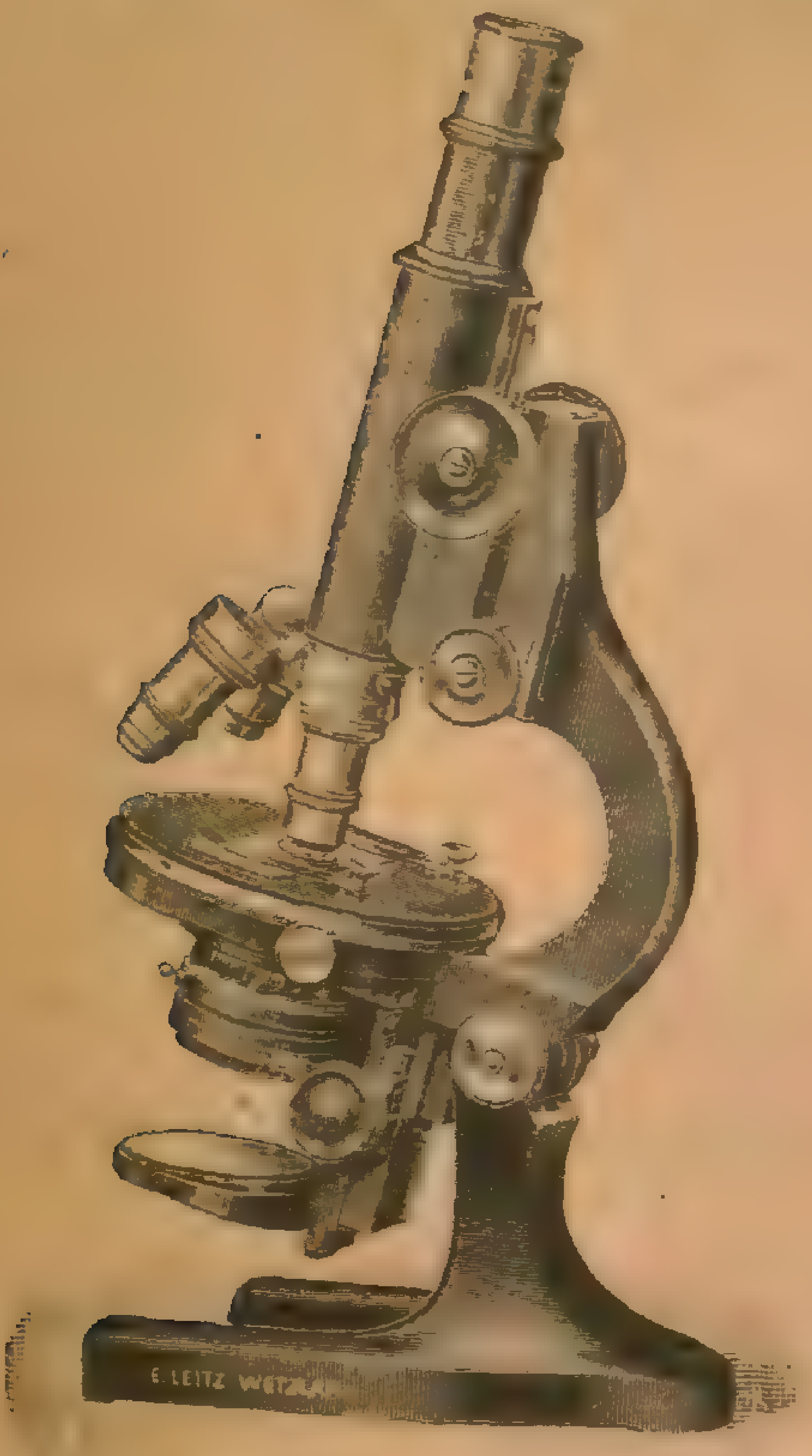
LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street



Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.)

Société Anonyme

A. Lumière et ses Fils

LYON

Plaques, Papiers

Pellicules (Procédé Planchon)

Produits Photographiques

GRANDS-PRIX, Paris 1889 et 1900
HORS CONCOURS — MEMBRE DU JURY
St-Louis, 1904. Liège, 1905. Milan. 1906

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

QUELQUES EXPÉRIENCES

SUR LE *SOLANUM COMMERSONI*

par M. L. DUFOUR

On sait que le *Solanum Commersoni* est une plante qui se plaît particulièrement dans les terrains humides où la plupart de nos variétés de Pommes de terre (*Solanum tuberosum*), ne fournissent que de très faibles récoltes.

Je me suis proposé en 1906 de préciser un peu certaines conditions d'expériences faites respectivement dans un terrain humide et dans un terrain plus sec pour voir quelle serait la différence de rendement.

Les exemplaires que j'ai plantés appartenaient à une variété violette obtenue par M. Labergerie dont on connaît les intéressants travaux relatifs à cette Pomme de terre, et je les tenais de M. Labergerie lui-même que je remercie de l'amabilité avec laquelle il m'a fourni des matériaux de travail.

Mais j'ai voulu faire en même temps les mêmes essais sur ce qu'on appelle la « *Géante bleue* » qui ressemble beaucoup, extérieurement, au *Solanum Commersoni violet* de M. Labergerie, car l'on discute encore en ce moment sur l'identité ou la différence de ces deux formes.

J'ai voulu voir en même temps si la nature de la fumure avait une grande influence sur l'une ou l'autre de ces Pommes de terre.

Pour faire simultanément ces diverses expériences comparatives, j'opère de la façon suivante :

Dans un terrain sec je dispose de quatre carrés de terrains : dans deux d'entre eux je plante le *Solanum Commersoni* violet et je fume l'un des deux avec du fumier ordinaire, l'autre avec un engrais dont je vais donner plus loin la composition.

Dans ce même terrain sec j'opère de la même façon avec deux autres carrés, fumés respectivement au fumier ou à l'engrais chimique ; mais j'y plante des tubercules de *Géante bleue.*

Enfin, dans un terrain humide, je dispose d'une manière identique quatre carrés, deux contenant le *S. Commersoni*, deux la *Géante bleue*, et, dans chacun de ces groupes de deux carrés, je fume de deux façons différentes comme je viens de l'expliquer plus haut pour le terrain sec.

Le terrain dans lequel a eu lieu l'expérience est le sol naturel du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau ; il est très sableux. L'engrais chimique a été constitué par un mélange intime de

2 kg. 5 de superphosphate,
1 kg. 5 de sulfate de potasse,
1 kg. 5 de nitrate de soude,
3 kg. 5 de plâtre.

Chacun des carrés a 4 mètres sur 2, et les carrés fumés à cet engrais chimique ont reçu chacun 1500 grammes du mélange ci-dessus.

Le terrain dit « sec » n'a été arrosé que quand il pleuvait naturellement. Le terrain dit « humide » était arrosé abondamment tous les jours.

Dans chaque carré les tubercules étaient disposés en quinconce sur quatre rangs, deux rangs en contenant 5, et deux autres 6, en tout 22.

La plantation a été faite le 4 mai, et la récolte vers la fin d'octobre. Les récoltes obtenues ont été les suivantes :

	TERRAIN HUMIDE		TERRAIN SEC	
	Fumier	Engrais chimique	Fumier	Engrais chimique
	—	—	—	—
	Kilos	Kilos	Kilos	Kilos
Solanum Commersoni.	32,100	30,850	14,550	5,750
Géante bleue . . .	25,450	13,200	9 »	3,200

Ce petit tableau permet de tirer diverses conclusions :

Dans tous les cas (similitude de terrain, de degré d'humidité, de nature de fumure), la *Géante bleue* s'est montrée inférieure au *Solanum Commersoni*.

Pour ces deux sortes de Pommes de terre, le terrain humide a toujours produit plus que le terrain sec si l'on compare entre eux les carrés de même fumure ; par exemple, pour les carrés de *S. Commersoni* avec fumier on trouve 32 kg. 100 dans le terrain humide, et seulement 14,550 dans le terrain sec ; pour les carrés de *Géante bleue* avec engrais chimique, 13 kg. 200 dans le terrain humide et 3,200 dans le terrain sec.

Enfin, pour les deux types de Pomme de terre, comparés dans les terrains d'égale humidité, le fumier est plus favorable que l'engrais chimique : le rapport des récoltes est peu différent de l'unité pour le *S. Commersoni* en terrain humide 1,04 seulement ; il est plus grand en terrain sec 1,9. Pour la *Géante bleue*, les deux rapports correspondants sont 2,5 et 2,8, beaucoup plus grands que pour la forme précédente, et celui en terrain sec plus grand qu'en terrain humide. L'influence défavorable de l'engrais chimique est d'autant plus accentuée que les autres conditions de végétation sont elles-mêmes moins avantageuses.

En somme, les différences très accentuées du rendement entre le *Solanum Commersoni* et la *Géante bleue* dans les diverses conditions où l'expérience a été faite, plaident en faveur d'une différence effective entre ces deux formes ; le *Solanum Commersoni* apparaît comme donnant ses meilleures récoltes dans des sols *très humides* ; le fumier ordinaire lui est plus favorable que l'engrais chimique qui a été indiqué plus haut.

Dans une autre expérience je me suis proposé d'étudier l'influence de la nature du sol sur la production du *Solanum Commersoni*. Quatre sols différents ont été réalisés :

N° 1. Terrain ordinaire, très sableux du Laboratoire.

N° 2. Sol formé de moitié de terrain du Laboratoire et moitié d'argile.

N° 3. Terrain du Laboratoire additionné de calcaire de façon que la proportion de cet élément fût de 15 °/₀.

N° 4. Terrain du Laboratoire à 35 °/₀ de calcaire.

Les essais ont été faits sur des carrés de 4 mètres sur deux dans lesquels ont été plantés sur quatre lignes, en quinconce, 22 tubercules de *Solanum Commersoni violet*. Tous les carrés ont été très arrosés, comme le terrain humide de l'expérience précédente.

Les tubercules ont été plantés le 20 avril, et la récolte faite dans la seconde quinzaine d'octobre. Les rendements ont été les suivants :

N° 1.	Sable	$27^{\text{kg}},850$
2.	½ sable ½ argile . . .	$18^{\text{kg}},450$
3.	Sable et 15 % de calc. .	$20^{\text{kg}},550$
4.	Sable et 35 % de calc. .	$15^{\text{kg}},300$

La meilleure récolte a donc été obtenue dans le terrain sableux ; la proportion d'argile du n° 2 et celle du calcaire du n° 3 exercent déjà un effet défavorable. Dans une très forte dose de calcaire la récolte est réduite presque de moitié.

Nous ne voudrions pas généraliser les résultats d'une expérience unique. Nous ne donnons ces nombres qu'à titre d'indication et nous nous proposons de renouveler l'expérience une autre année.

ACTION MORPHOGÉNIQUE
DE
QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES
SUR LES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS

ÉTUDE D'ANATOMIE EXPÉRIMENTALE

Par M. Marin MOLLIARD *(Fin)*

(Planches 8, 9, 10 et 13).

III. — **OIGNON** (*Allium Cepa* L.).

J'ai expérimenté sur cette seconde espèce végétale en raison de la présence des bulbes dont il m'a paru intéressant d'étudier les conditions de formation, en comparant à ce que nous avons observé pour les tubercules du Radis. La variété cultivée a été celle que les horticulteurs désignent sous le nom d'Oignon blanc de Barletta : elle présente l'avantage de se tubériser d'une manière très précoce.

Les graines ont été stérilisées par la méthode indiquée précédemment ; elles se prêtent particulièrement bien à cette opération et ce n'est que tout à fait exceptionnellement que j'ai eu des tubes contaminés ; certaines cultures ont été faites à partir de semences récoltées aseptiquement sur le porte-graines et leur comparaison avec les précédentes ne m'ont pas permis de déceler une action quelconque du bichlorure de mercure employé comme stérilisateur du tégument.

Toutes les cultures ont été effectuées sur des milieux gélosés analogues à ceux qui nous ont servi précédemment, les graines étaient mises à germer isolément dans des tubes à essais sur de l'ouate humide, puis les plantules introduites dans un trou pratiqué dans la gélose après sa solidification.

Aspect extérieur. — Dans la solution de Knop les plantes âgées de quatre mois présentaient, en dehors de leur cotylédon desséché, trois feuilles d'un vert jaune très pâle et de 15^{cm} de long environ; la base des feuilles ne se tubérisait dans la plupart des cas que d'une manière insignifiante ; cependant certains individus présentaient un léger renflement. Si au lieu du milieu précédent on emploie comme substratum de l'eau de Vanne gélosée, l'aspect des cultures, identique au point de vue de la taille, change un peu en ce qui concerne la formation des bulbes qui est plus accentuée (fig. 41, 1) ; les bulbes deviennent en effet plus fréquents et aussi plus gros ; ils peuvent atteindre 6^{mm} de diamètre. Les sels introduits dans le premier milieu nuisent à l'assimilation du carbone de l'air, comme en témoigne la coloration plus jaune des feuilles et malgré la pression osmotique plus élevée du milieu il n'y a pas ou presque pas d'accumulation de réserves à la base des feuilles ; ces expériences nous montrent d'autre part que la pression osmotique qui doit exister dans le milieu extérieur, suivant les recherches de Laurent (**26**), précisées par N. Bernard (**2**), pour qu'une tubérisation se produise chez une plante peut être très faible, puisqu'elle correspond ici à celle d'une eau de rivière.

Une objection se présente, c'est celle que peut soulever l'addition de gélose au milieu nutritif ; ce produit pouvait s'hydrolyser partiellement lors de la stérilisation et jouer ainsi un certain rôle dans le phénomène que nous avons en vue ; pour reconnaître s'il en est bien ainsi, j'ai établi une série de cultures d'Oignon en leur donnant comme substratum de l'ouate imbibée d'eau de Vanne. Les résultats ont été les mêmes qu'avec l'eau gélosée ; la moitié environ des échantillons a tubérisé et il est à peine besoin d'ajouter que ce sont ceux dont l'appareil végétatif était le plus développé et le plus vert, c'est-à-dire ceux qui présentaient la plus grande assimilation. Il se produit donc pour l'Oignon une tubérisation en milieu aseptique et pour une pression osmotique extérieure des plus faibles.

J'ai recherché, mais sans succès, s'il existait des conditions de contact du plateau caulinaire ou de la base des feuilles avec le milieu nutritif particulièrement favorables à la formation des bulbes ; tantôt, en effet, c'était à l'intérieur même du milieu que la bulbe se constituait, tantôt celui-ci était soulevé dans les premiers temps du développement à quelque distance du substratum par les radicelles qui le maintenaient ainsi dans l'air.

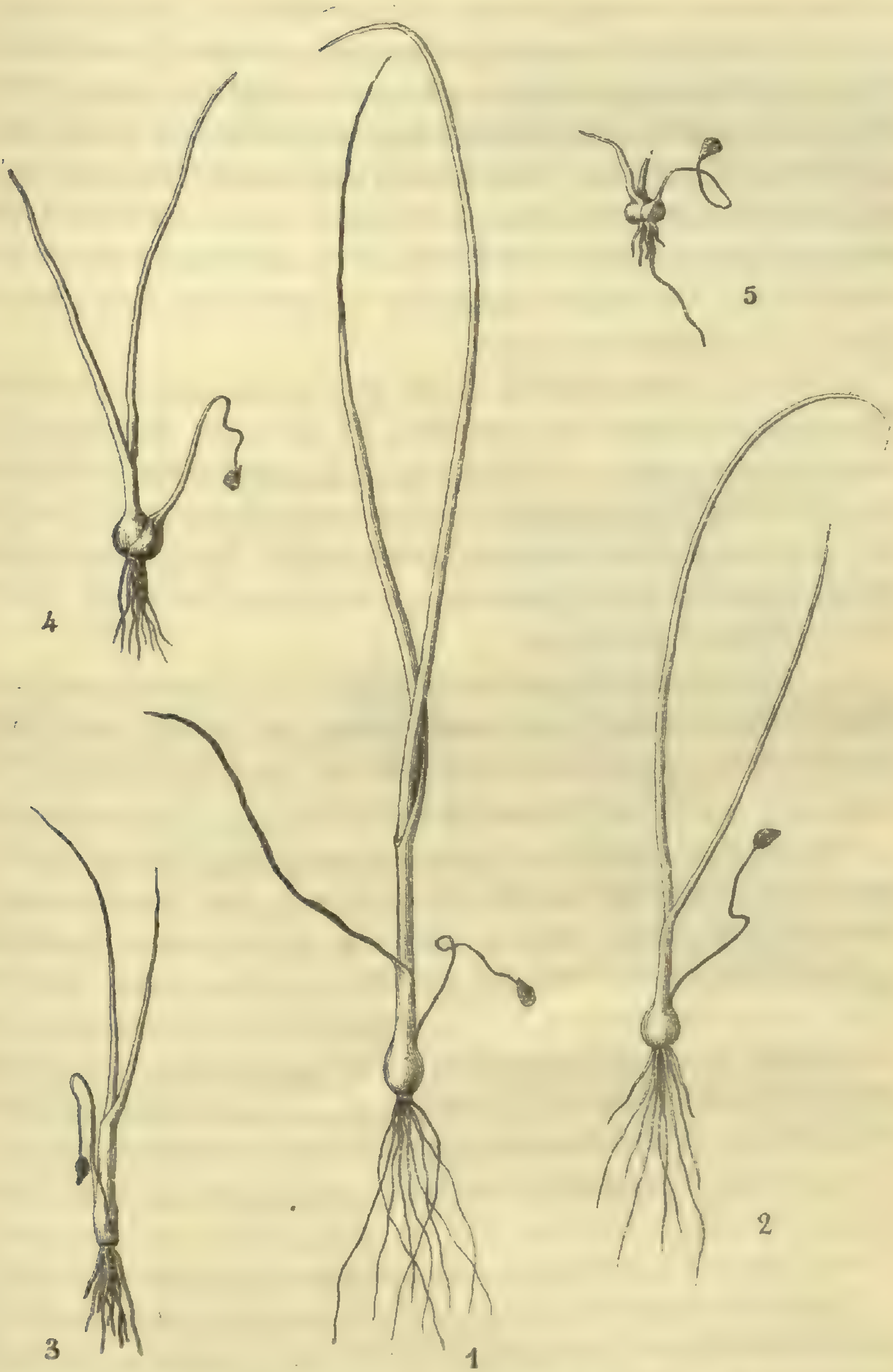


Fig. 41. — Oignons qui se sont développés pendant le même temps (quatre mois) sur de l'eau de Vanne (1), sur une solution de glucose à 10 $^{0}/_{0}$ (2), sur une solution de glycérine à 4 $^{0}/_{0}$ (3), sur une solution contenant 5 $^{0}/_{0}$ de glucose et 2 $^{0}/_{0}$ d'asparagine, en tube ouvert (4) et en tube fermé (5), (réduction de 1/3).

Si on ajoute à la solution minérale artificielle 5 °/₀ de glucose, les plantes deviennent un peu plus courtes, atteignant en moyenne 12^{cm} ; les radicelles sont, par contre, ordinairement plus longues (5^{cm} au lieu de 3^{cm}) ; elles offrent une teinte verte très légère due à la présence de quelques chloroleucites ; les feuilles sont plus épaisses, plus vertes et la tubérisation devient la règle ; les bulbes bien verts sont toujours plus sphériques, sinon plus larges que dans le cas précédent ; ici encore ils peuvent se constituer aussi bien en dehors qu'en dedans du milieu.

Au fur et à mesure qu'on donne plus de glucose, la réduction des plantes s'accentue et, pour 10 °/₀ de ce sucre, les feuilles ne mesurent guère que 4 à 5^{cm} de long, leur couleur est plus foncée que dans le milieu précédent ; on n'en compte plus que 2 au lieu de 3 ; les radicelles ne mesurent plus que 2^{cm}. Les bulbes se constituent d'une manière constante en atteignant toujours environ 5^{mm} de diamètre (fig. 41, 2).

Les Oignons développés en pots dans de la terre arrosée de glucose ont présenté des modifications de même ordre qu'en cultures pures par rapport à ceux qui ne recevaient que de l'eau.

Avec 10 °/₀ de saccharose, la taille est à peu près celle qu'on observe pour les individus vivants sur des milieux glucosés à 5 °/₀ ; les feuilles mesurent en effet 14 ou 15^{cm} et sont bien vertes ; le caractère des bulbes reste le même et les radicelles présentent encore de la chlorophylle. Les résultats sont les mêmes avec des solutions de saccharose à 9,5 °/₀, isotoniques de la solution à 5 °/₀ de glucose. Nous retrouvons donc le fait que des solutions isotoniques de glucose et de saccharose ont des actions tout à fait comparables en ce qui concerne la réduction de la croissance.

La glycérine exerce sur l'Oignon une action semblable à celle que nous avons constatée pour le Radis, c'est-à-dire qu'elle ne paraît pas être assimilée et nuit au développement. Avec 4 °/₀ de ce corps on observe une réduction plus considérable encore que celle que produit une solution à 10 °/₀ de glucose, qui n'est pas éloignée d'être isotonique de la précédente, mais les feuilles restent jaunes et se dessèchent rapidement à leur extrémité, ainsi que les radicelles qui restent courtes. Enfin, ce qui est en relation avec une assimilation très faible, il n'y a pas formation de bulbe (fig. 41, 3). La glycérine a donc sur l'Oignon une action nocive se traduisant par une dessiccation des tissus.

L'asparagine ajoutée dans la proportion de 2 °/o à la solution glucosée à 5 °/o diminue sensiblement la taille que les plantes acquièrent en présence du glucose seul ; les radicelles sont courtes et ne deviennent pas vertes ; le bulbe se forme encore, bien que les feuilles soient plus jaunes ; mais le caractère le plus saillant consiste dans le renflement très net que subit la base du cotylédon, qui normalement et dans les milieux précédents ne contribue pas à la formation du bulbe (fig. 41, 4). Ce caractère s'accentue encore dans les cultures sur glucose et asparagine quand on vient à fermer le tube ; on obtient alors des plantes très petites, présentant un cotylédon et deux feuilles ; la plus longue de ces dernières mesure 1^{cm}, l'autre quelques millimètres, et chacune, ainsi que le cotylédon, est fortement renflée à sa base (fig. 41, 5).

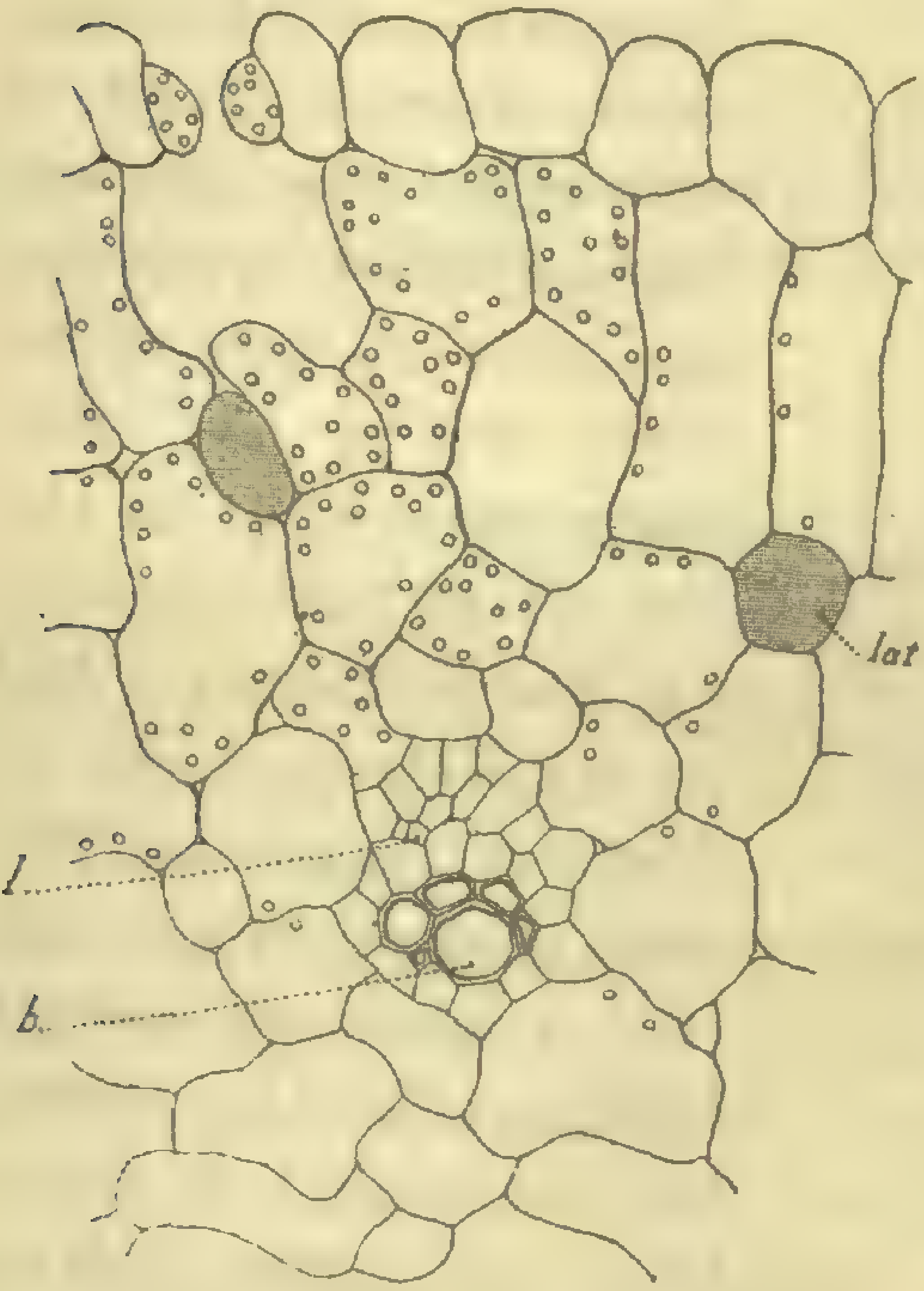


Fig. 42. — Coupe transversale d'une feuille d'Oignon développé sur une solution minérale.

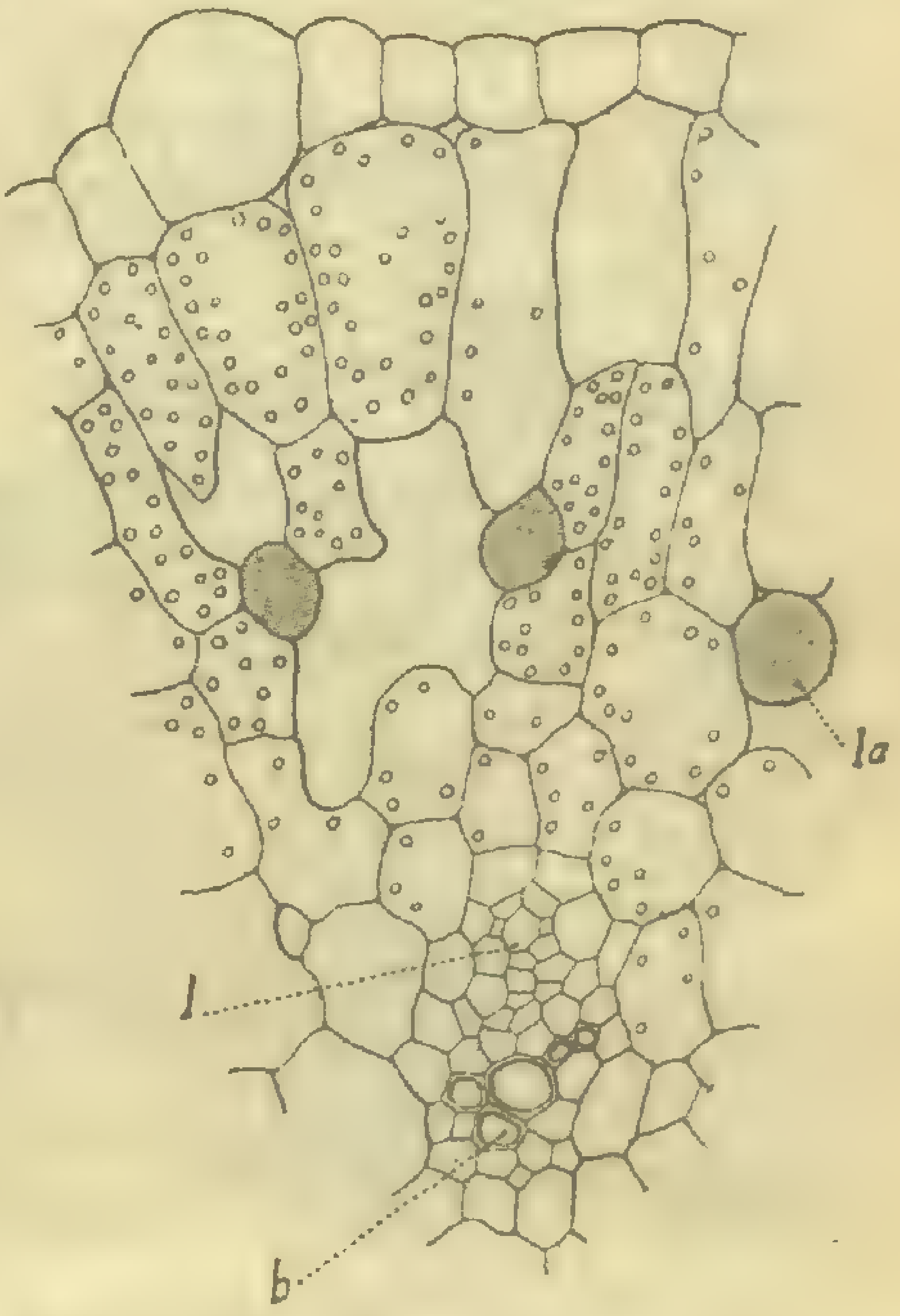


Fig. 43. — Coupe transversale d'une feuille d'Oignon développé sur une solution de glucose à 10 °/o.

b, vaisseaux du bois ; *l*, liber ; *lat*, laticifères (Gr. = 120).

Caractères anatomiques. — L'Oignon réagit beaucoup moins que le Radis au point de vue de sa structure anatomique vis-à-vis de la composition chimique du milieu ; il nous suffira, pour nous en rendre compte, de comparer des coupes transversales pratiquées dans la feuille d'individus développés sur milieu minéral (fig. 42) et en présence de 10 °/o de glucose (fig. 43).

Dans le premier cas on observe en dedans de l'épiderme un tissu chlorophyllien présentant des lacunes assez nombreuses et à cellules faiblement allongées dans le sens radial ; les faisceaux comprennent quelques vaisseaux du bois et des tubes criblés peu nombreux. Avec 10 °/o de glucose les feuilles acquièrent un tissu palissadique dont les éléments prennent un diamètre radial sensiblement plus grand par rapport à leurs dimensions transversales ; les chloroleucites restent de même taille, mais augmentent en nombre. Les vaisseaux du bois ne sont guère différents, les plus gros n'atteignent cependant jamais les dimensions des vaisseaux les plus larges de la feuille précédente ; quant au liber, il est très sensiblement plus développé.

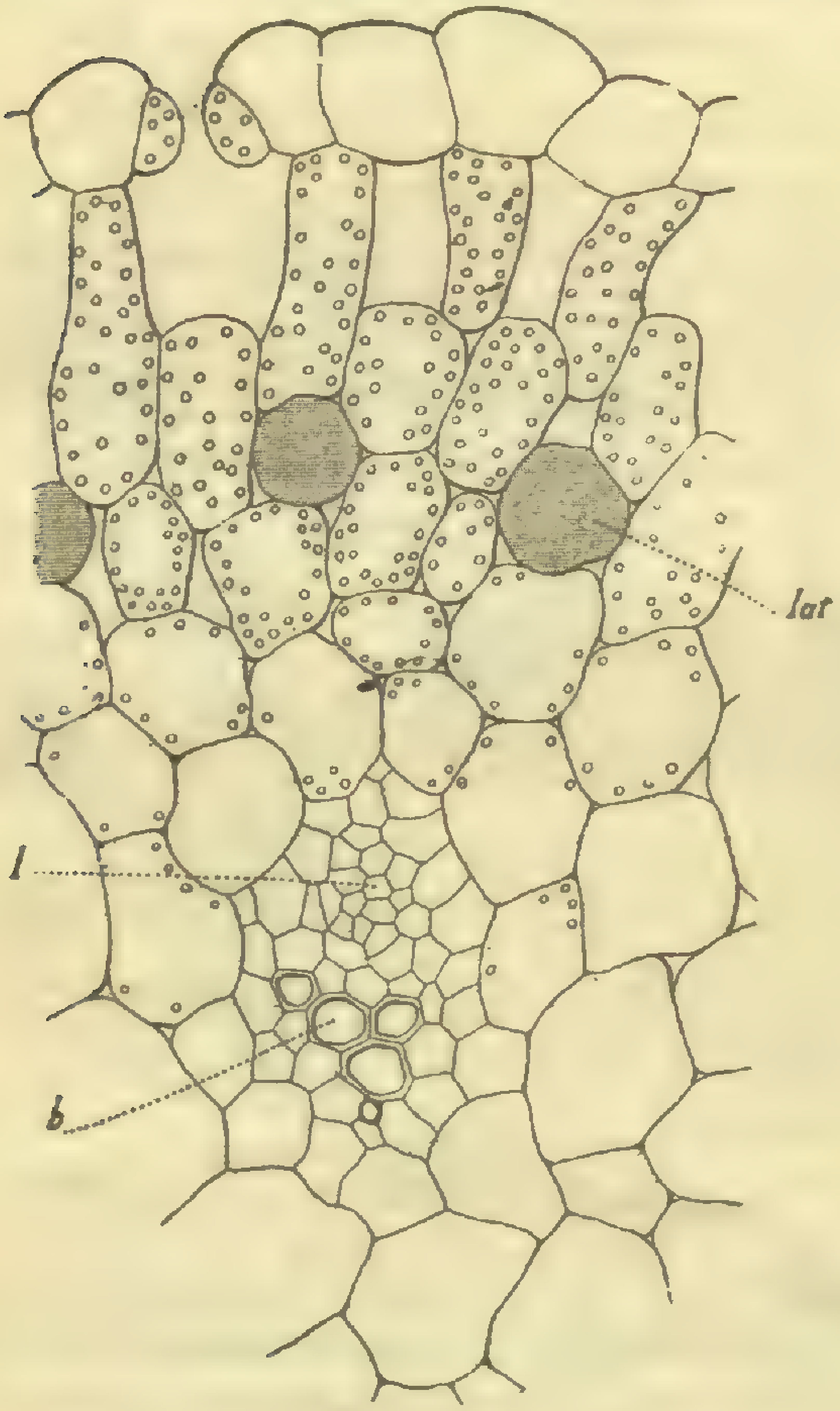


Fig. 44. — Coupe transversale d'une feuille d'Oignon développé sur une solution de glycérine à 4 °/o ; mêmes lettres que pour les fig. 42 et 43 (Gr. = 120).

Sur glycérine à 4 °/o (fig. 44), on obtient pour la feuille une structure très analogue à celle dont nous venons de donner les caractères essentiels dans le cas du glucose. On voit donc que les modifications sont concordantes avec celles qui nous ont retenus plus longtemps pour le Radis, mais la plasticité de l'Oignon est autrement faible.

Pour aucun milieu nutritif je n'ai pu observer la formation d'amidon dans la feuille, même dans la région du bulbe.

En résumé :

1° *L'Oignon tubérise en cultures pures sur tous les milieux employés, sauf ceux qui contiennent de la glycérine (4 °/₀), et cette tubérisation peut se produire en présence de liquides très étendus, tels que l'eau de rivière.*

2° *Jamais il ne se constitue d'amidon, même en présence des solutions sucrées les plus concentrées permettant à la plante de se développer.*

3° *Les feuilles présentent un développement plus intense du tissu libérien et une exagération du tissu palissadique lorsqu'on fournit à la plante du glucose, du saccharose ou de la glycérine.*

IV. — **IPOMÉE** (*IPOMÆA PURPUREA* Lam.)

Les cultures de cette plante nous ont fourni des résultats dont l'ensemble concorde avec les faits précédemment décrits. Elles ont été faites dans les mêmes conditions ; il avait été simplement introduit dans l'intérieur des tubes où s'effectuait le développement des graines mises à germer après traitement par le bichlorure de mercure à 1 °/₀, une baguette de verre dont l'extrémité supérieure s'engageait dans le goulot et qui pouvait ainsi servir à l'enroulement de la tige. Les plantes, cultivées sur milieux gélosés, se sont développées du début de mai au milieu de juillet.

Aspect extérieur. — Les individus à qui était offerte la solution de Knop comme milieu nutritif atteignaient, au bout de deux mois et demi, une longueur d'environ 20^{cm} (Pl. 10, fig. A) ; l'extrémité de la tige volubile s'engageait alors dans le goulot du tube ; on comptait environ 8 feuilles bien développées ; les 2 ou 3 feuilles inférieures, ainsi que les cotylédons, étaient devenues très jaunes ou complètement blanches ; les autres feuilles avaient une couleur d'un vert tendre. L'axe hypocotylé était, suivant les individus, d'un vert assez pâle ou légèrement pourpré ; ces différences individuelles sont en relation avec le coloris des fleurs, comme on peut s'en assurer par l'observation des individus développés dans des conditions normales.

A l'aisselle des feuilles on n'observait pas de bourgeons et aucune fleur ne s'est constituée dans toute la série qui nous occupe. La racine principale était bien développée et offrait une coloration verte intense due à la présence de leucites chlorophylliens qui existaient également dans l'écorce des nombreuses radicelles ; cette teinte verte était masquée chez certains individus par une teinte pourpre due au même pigment soluble dans le suc cellulaire des cellules périphériques que celui qui s'observait dans la tige. La lumière détermine donc dans les racines de l'Ipomée l'apparition de chlorophylle, phénomène assez rare pour les racines qui ne sont pas normalement exposées à la lumière, ainsi que celle de l'anthocyane.

Lorsqu'à la solution minérale on ajoutait 5 °/₀ de glucose on obtenait des plantes sensiblement plus petites ; les tiges les plus grandes, qui restaient volubiles, mesuraient de 9 à 10^{cm} de longueur; on comptait au maximum 6 feuilles bien développées, en dehors des cotylédons ; ceux-ci restaient bien vivants, ainsi que toutes les feuilles, qui présentaient une teinte verte très foncée ; les entrenœuds de la tige étaient plus courts, mais leur diamètre transversal plus grand ; la longueur des feuilles était réduite de moitié environ. La tige, surtout dans sa portion hypocotylée, et les racines étaient, comme les feuilles, d'un vert ou d'un pourpre beaucoup plus intense.

Ici non plus nous n'avons pas observé de fleurs; mais à l'aisselle des feuilles existaient de petits bourgeons floraux très apparents, qui ne sont pas destinés à se développer davantage.

Dans les milieux contenant 10 °/₀ de glucose le développement se trouvait très réduit ; les plantes n'atteignaient guère plus de $2^{cm}5$; les racines participaient de leur côté à cette réduction générale de la croissance. La tige n'avait aucune tendance à l'enroulement ; elle portait, en plus des deux cotylédons, 3 petites feuilles d'un vert très sombre. Avec cette solution nutritive on se rapproche évidemment de la concentration maxima du glucose permettant à la plante de s'accroître.

L'action du saccharose a été très analogue à celle du glucose. Des solutions à 5 °/₀ de sucre de canne ont donné des Ipomées de 10^{cm} de long, à tige s'enroulant autour du support et présentant

5 ou 6 feuilles bien développées ; ce que ce lot a présenté de plus remarquable consiste dans le développement complet d'une ou de deux fleurs, la première se développant à l'aisselle de la deuxième feuille définitive, c'est-à-dire d'une manière beaucoup plus précoce que dans les conditions normales de développement.

Dans les cultures faites avec addition de 10 °/₀ de saccharose les plantes (Pl. 10, fig. C) n'atteignaient guère que 5^{cm} ou 6^{cm}, ne présentant que 4 ou 5 feuilles très vertes ; la tige, très rigide, cessait d'être volubile ; on n'observait, comme dans les individus développés dans le milieu exclusivement minéral, aucun bourgeon bien apparent. Il semble donc que le sucre qu'on fournit à la plante et qui est absorbé par elle intervient, à une dose déterminée, pour activer, peut-être pour déterminer le développement des organes floraux ; la plante n'a pu réaliser cette teneur optima en sucre dans nos cultures sur milieu minéral, l'assimilation chlorophyllienne étant trop faible ; elle est dépassée par l'addition de 10 °/₀ de saccharose comme elle paraît avoir été dépassée par l'addition de 5 °/₀ de glucose ; dans ce dernier cas les bourgeons floraux offrent en effet un développement sensible, mais n'arrivent pas à complète évolution. La teneur optima se trouve réalisée au contraire par les milieux contenant 5 °/₀ de saccharose. comme elle le serait très vraisemblablement par une dose de glucose inférieure à 5 °/₀. Nous retrouvons donc ici des faits qui concordent avec ceux que nous avons observés par le Radis ; la seule différence est d'ordre spécifique ; l'Ipomée paraît exiger pour la formation de ses fleurs une dose de sucre inférieure à celle qui est nécessaire dans le cas du Radis.

L'asparagine et la peptone ont sur le développement de l'Ipomée une action de tout point comparable à celle que nous avons observée pour les plantes précédemment étudiées. Si on ajoute 2 °/₀ d'asparagine à la solution minérale glucosée à 5 °/₀ on observe une croissance analogue à celle qui se produit dans ce dernier milieu ; la longueur de la tige, le nombre des feuilles restent sensiblement les mêmes (Pl. 10, fig. B) ; mais les feuilles qui sont un peu plus grandes acquièrent une teinte jaune que nous avons déjà vue apparaître sous l'action de l'asparagine. D'autre part les racines s'atrophient ; elles restent très courtes, se renflent souvent à leur extrémité et prennent une teinte brune ; c'est aussi une action que nous connaissons.

Mais le fait que je tiens à signaler c'est la formation et le développement complet de fleurs chez plusieurs individus de ce lot.

Nous venons de voir que la solution à 5 °/₀ de glucose ne nous a pas permis d'obtenir d'individus présentant de fleurs ; si l'addition d'asparagine au glucose provoque la formation des organes floraux, le fait trouve peut-être son explication dans l'abaissement de la teneur en glucose en présence de l'asparagine qui se combinerait dans la plante avec une partie du sucre pour donner, suivant la théorie de Loew (**34**), des matières albuminoïdes.

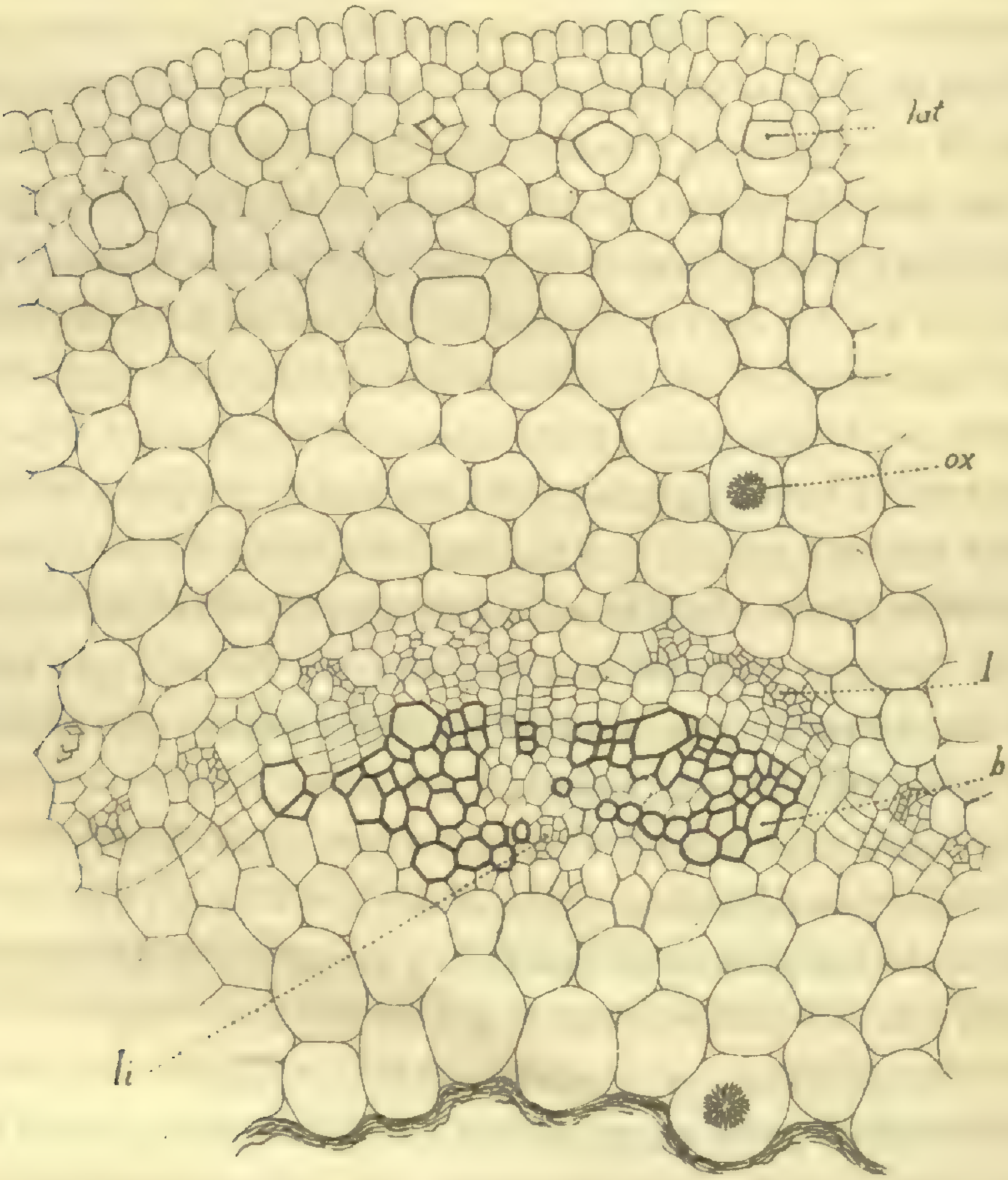


Fig. 45. — Coupe transversale de l'axe hypocotylé d'un Ipomée développé sur une solution minérale ; *b*, bois ; *l*, liber externe ; *li*, liber interne ; *ox*, mâcles d'oxalate de calcium ; *lat*, laticifères (Gr. = 100).

Avec la peptone, ajoutée également à la solution glucosée à 5 °/₀, le développement est très faible ; les plantes ne dépassent pas, dans leur partie aérienne, $3^{cm}5$; les radicelles offrent la même atrophie et la même coloration brune ; mais axe hypocotylé, cotylédons et la seule feuille ou les deux feuilles développées restent d'un vert très foncé.

Caractères anatomiques. — Pour nous faire une idée des modifications que subissent dans leur structure anatomique les plantes développées sur les milieux que nous venons de considérer, comparons tout d'abord l'axe hypocotylé de deux plantes ayant le même âge et qui ont effectué leur croissance, l'une en présence de la solution de Knop, l'autre en présence de cette solution additionnée de 10 °/₀ de saccharose.

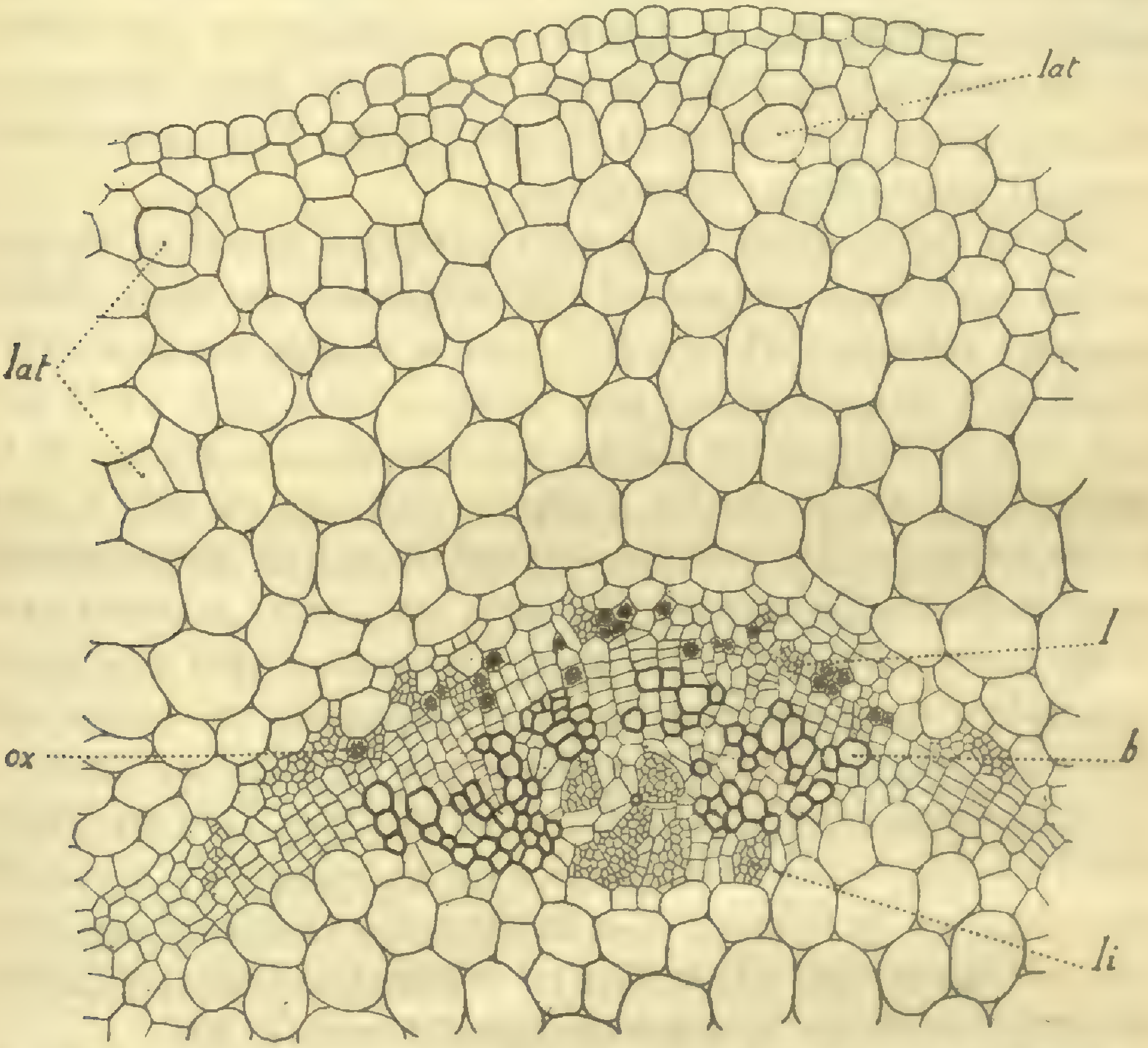


Fig. 46. — Coupe transversale de l'axe hypocotylé d'un Ipomée développé sur une solution de saccharose à 10 °/₀ ; *b*, bois ; *l*, liber externe ; *li*, liber interne ; *ox*, mâcles d'oxalate de calcium ; *lat*, laticifères (Gr. = 100).

Dans le premier cas le rapport des épaisseurs du cylindre central et de l'écorce est d'environ 1,7 ; le cylindre central présente une grande lacune centrale formée par la résorption de la moelle qui ne comprend plus qu'environ 3 assises périphériques ; on compte quatre régions vasculaires primaires reliées par un méristème secondaire continu. La figure 45 renseigne sur les particularités de cette structure, notamment sur la présence de laticifères *lat* dans l'écorce, et celle d'éléments libériens en dedans du bois primaire. On observe quelques màcles d'oxalate de calcium *ox* réparties çà et là dans des cellules corticales et médullaires.

L'axe hypocotylé des plantes cultivées dans la solution à 10 % de saccharose possède un cylindre central légèrement réduit ; le rapport de ce cylindre central à l'écorce devient égal à 1,5 ; la moelle reste pleine (fig. 46). Les tissus vasculaires se distinguent par des vaisseaux du bois à parois légèrement plus épaisses et surtout à calibre plus étroit, et par des cellules libériennes beaucoup plus abondamment cloisonnées.

Dans la région située entre deux faisceaux primaires les formations secondaires présentent des différences de même ordre (comparer les figures 47, A et B) : cellules libériennes plus nombreuses et à cloisonnements plus actifs ; d'autre part, alors que dans l'axe hypocotylé des plantes développées aux dépens de la solution minérale on observe quelques vaisseaux du bois *b* dans la zone secondaire que nous considérons, il ne s'en est pas encore constitué dans cette même région chez les plantes nourries avec du saccharose, bien que le liber y soit relativement plus développé. L'absorption du sucre exagère donc l'intervalle de temps qui sépare normalement la formation du bois de celle du liber.

Le développement plus considérable du liber dans les échantillons qui ont absorbé du saccharose est un caractère d'organe se tubérisant ; on le retrouve chez les rhizômes comparés aux tiges aériennes (Dauphiné, **17**) et dans les feuilles tubérisées comparées aux feuilles normales (*Oxalis crassicaulis*) (Vöchting, **58**).

Mais la différence la plus frappante qui existe entre les deux axes que nous comparons c'est l'abondance de l'amidon dans celui qui a été nourri de saccharose, alors que l'autre en est absolument dépourvu (comparer les figures 3 et 4 de la planche 13) ; cet amidon (*am.* fig. 48) apparaît dans des leucites qui en constituent plusieurs grains (jusqu'à 12 environ) ; ceux-ci arrivent à se serrer étroitement les uns contre les autres et forment ainsi de gros grains composés ; les leucites peuvent de leur côté être nombreux et certaines cellules sont entièrement occupées par ces masses amylacées.

L'amidon est d'autant plus abondant dans l'écorce qu'on s'éloigne de l'assise sous-épidermique pour se rapprocher de l'endoderme et il est surtout développé dans la moelle. La concentration du saccharose dans le milieu nutritif provoque donc chez l'Ipomée une

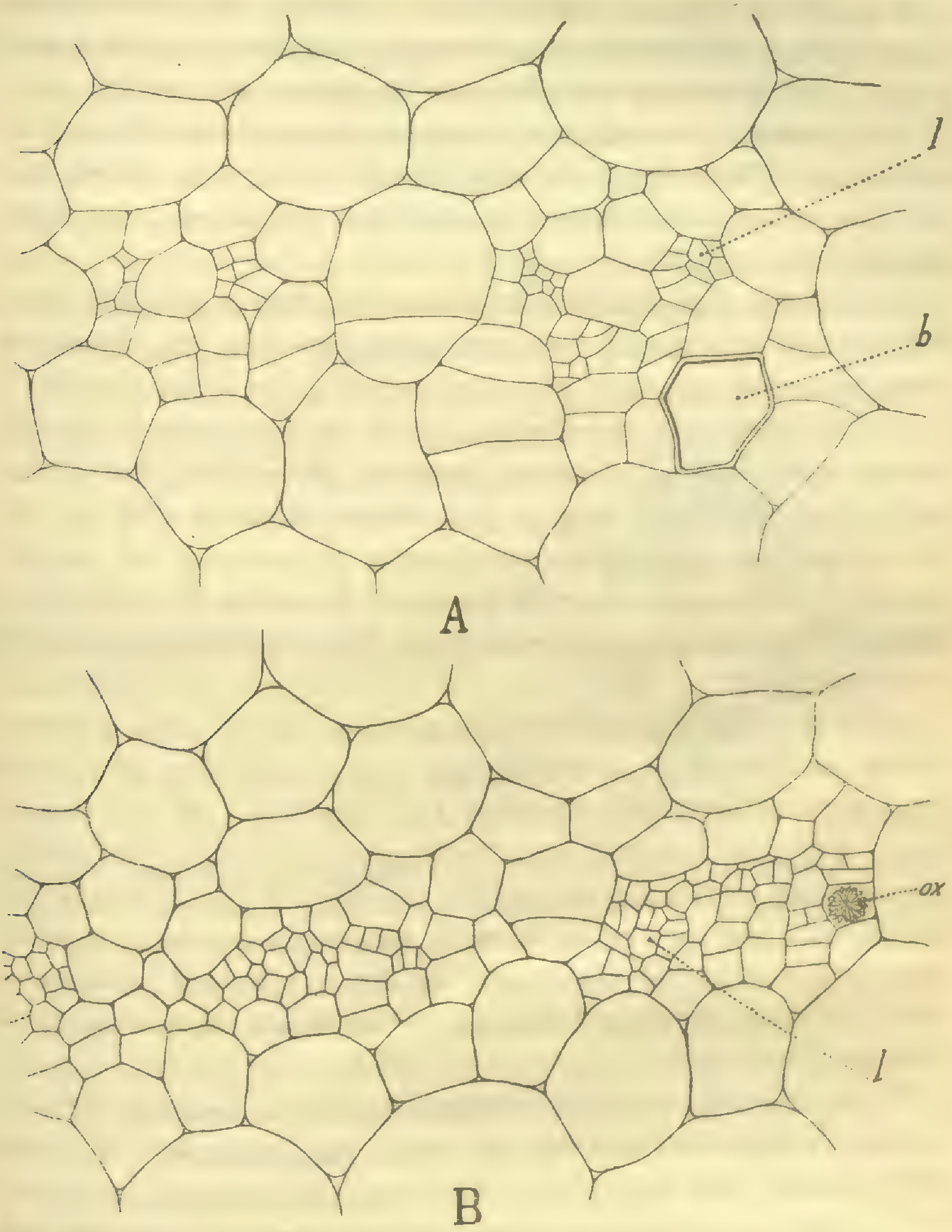


Fig. 47. — Portions de la zone génératrice situées dans des régions comparables d'axes hypocotylés d'Ipomées qui se sont développés pendant le même temps sur une solution minérale (A) et sur une solution de saccharose à 10 °/₀ (B) ; *b*, vaisseau de bois ; *l*, liber ; *ox*, màcle d'oxalate de calcium (Gr. = 350).

condensation d'amidon tout à fait semblable à celle que nous avons signalée chez le Radis.

Il en est d'ailleurs de même pour la cellulose : toutes les cellules acquièrent en effet une paroi beaucoup plus épaisse en milieu sucré qu'en milieu purement minéral (voir les figures 48, A et B).

L'ensemble de ces observations nous fournit donc encore des caractères différentiels semblables à ceux qui ont été décrits chez les tiges souterraines comparées aux tiges aériennes d'une même plante.

Les mâcles d'oxalate de calcium n'existent plus pour les échantillons à qui on a fourni 10 °/o de saccharose dans les régions où nous les avons signalées plus haut, c'est-à-dire dans l'écorce et la moelle ; c'est cette distribution qu'on observe dans la tige des plantes cultivées d'une manière normale ; par contre elles deviennent très abondantes dans le parenchyme libérien (*ox*, fig. 46). Ce changement complet de localisation de l'oxalate de calcium paraît être en rapport avec les fonctions nouvelles du parenchyme cortical ou médullaire qui devient un lieu d'emmagasinement de réserves.

Quoi qu'il en soit, il est intéressant de noter cette transformation radicale dans la localisation d'une substance, lorsque les conditions de nutrition viennent à se modifier ; ce fait montre qu'on doit être prudent dans l'utilisation de telles localisations quand on se livre à des recherches d'anatomie systématique, car on conçoit aisément que les changements que nous avons apportés directement dans les conditions de développement puissent se produire naturellement, d'une manière indirecte, sous l'action de facteurs extérieurs.

Signalons enfin que les cellules parenchymateuses, où nous venons de voir se constituer de l'amidon, présentent un noyau sensiblement plus volumineux que celui des cellules correspondantes des échantillons cultivés sur la solution exclusivement minérale ; le diamètre en est à peu près doublé, le nucléole est également plus gros, ainsi que les grains de chromatine (fig. 48, A et B).

Les cultures sur glucose nous ont fourni des résultats de même ordre ; le rapport du diamètre du cylindre central à celui de l'écorce subit une réduction analogue ; de 1,7 qu'il était pour les individus cultivés sur la solution minérale, il devient égal à 1,5 avec 5 °/₀ et 1,45 avec 10 °/₀ de glucose ; la moelle devient encore creuse pour la première dose de glucose, elle reste pleine dans le second cas ; l'amidon est encore plus abondant que dans le cas du sucre de canne, même pour la moins concentrée des deux solutions.

Les modifications concernant le tissu ligneux et le tissu libérien, l'apparition des mâcles d'oxalate de calcium dans le liber, le développement plus tardif du bois, tout cela se retrouve ici, avec cette seule différence qu'une transformation de certaine intensité est produite par une quantité moindre de glucose que de saccharose, sans qu'il soit facile de préciser si des solutions isotoniques des deux substances amènent exactement les mêmes modifications; toutes les observations tendent du moins vers une loi de cette nature.

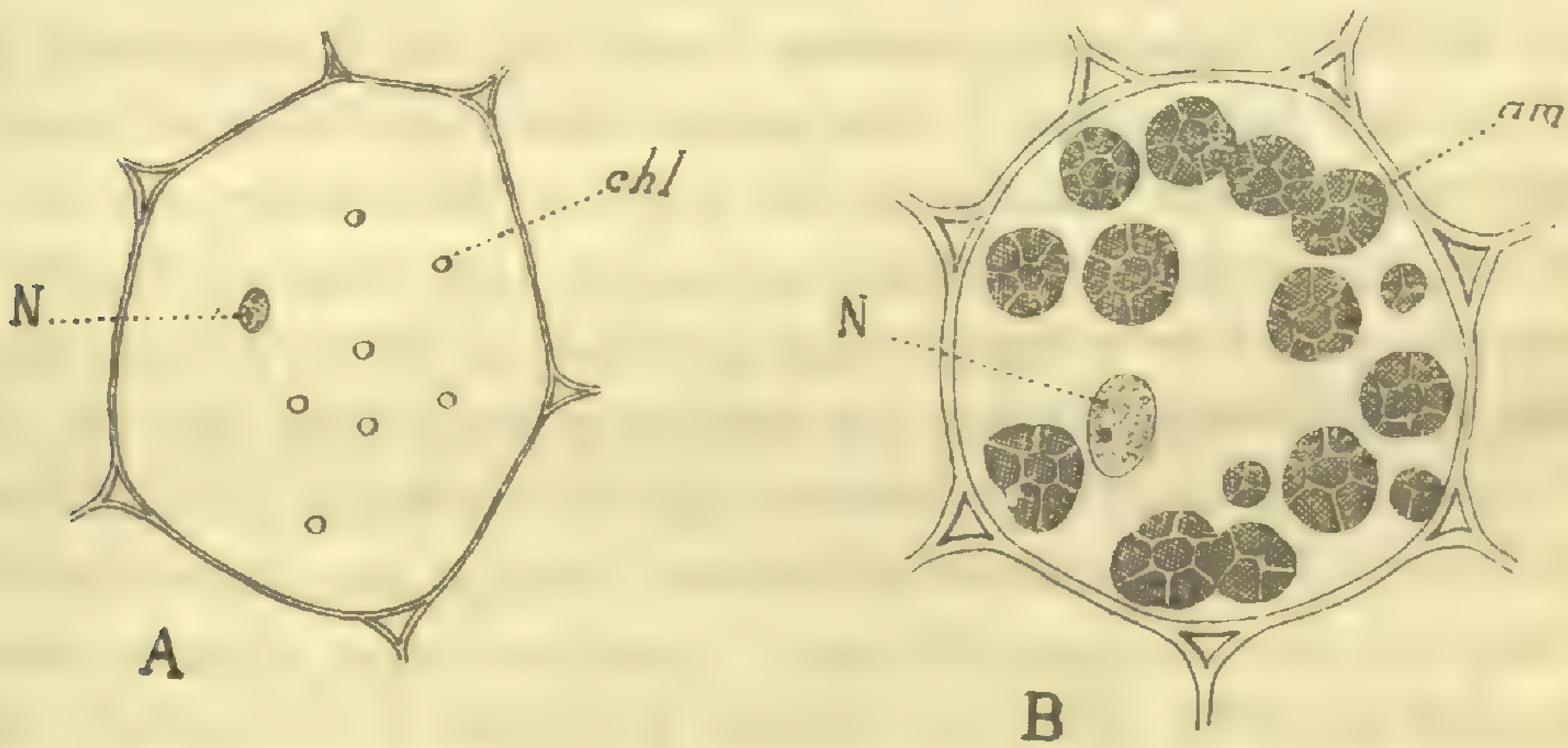


Fig. 48. — Cellules corticales d'axes hypocotylés d'Ipomées qui se sont développés sur solution minérale (A) et sur solution de saccharose à 10 °/₀ (B) ; *N*, noyau ; *chl*, chloroleucite ; *am*, amidon (Gr. = 350).

Mais l'unique considération de la pression osmotique du milieu extérieur n'est applicable que pour des substances analogues, je veux dire jouant le même rôle dans les cellules au point de vue des phénomèmes de nutrition. C'est ainsi que si on ajoute 2 °/₀ d'asparagine aux 5 °/₀ de glucose dont nous venons de constater les effets, les modifications anatomiques sont un peu différentes ; le bois devient moins abondant, le liber plus développé au contraire et les cloisonnements de ses cellules plus intenses ; les cellules de parenchyme ont une tendance marquée à prendre la forme sphérique ; l'amidon est aussi développé que lorsque l'asparagine fait défaut ; c'est à peine si on rencontre des cristaux d'oxalate de calcium dans l'écorce et la moelle, mais il n'en apparaît pas dans le liber.

Les caractères présentés par les plantes à qui on fournit, en outre de 5 °/₀ de glucose, 2 °/₀ de peptone, sont très comparables à ceux que nous venons d'indiquer brièvement pour l'asparagine ; l'amidon est toujours abondant ; on ne trouve plus trace d'oxalate de calcium dans aucune région.

La feuille de l'Ipomée, comme celle de l'Oignon, réagit d'une manière moins intense que celle du Radis vis-à-vis des substances dont nous étudions l'action morphogénique ; mais elle présente des modifications de même ordre. Le limbe des individus cultivés sur une solution minérale présente entre ses deux épidermes trois assises très lacuneuses *l*, une assise nettement palissadique *p* et enfin une assise intermédiaire *i* ayant des caractères mixtes (fig. 49, A). Si nous observons une coupe faite dans un limbe d'un individu à qui on a fourni une solution à 10 °/₀ de saccharose, nous reconnaissons encore les mêmes régions (fig. 49, B), mais l'assise palissadique est constituée par des cellules plus allongées et surtout beaucoup plus étroitement serrées les unes contre les autres que dans le cas précédent ; quelques-unes d'entre elles se divisent en deux par une cloison parallèle à la surface de la feuille, de sorte qu'il existe une tendance à la formation d'une double assise palissadique. De même les cellules constituant l'assise intermédiaire forment un ensemble plus compact et acquièrent une forme qui se rapproche de celle de l'assise précédente ; nous observons dans ce cas une structure très comparable à celle de la feuille des individus développés dans les conditions normales de culture.

La division des cellules palissadiques est plus fréquente dans les lots à 10 °/₀ de glucose. Lorsqu'on donne aux plantes 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine (fig. 49, D), l'assise intermédiaire prend tout à fait les caractères de l'assise palissadique et se trouve en quelque sorte remplacée, au point de vue des caractères morphologiques, par l'assise du tissu lacuneux qui se trouve en dessous d'elle. Enfin, avec 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ de peptone (fig. 49, C) les assises palissadique et intermédiaire sont encore plus serrées ; on voit correspondre, en coupe transversale, 4 ou 5 cellules palissadiques à une cellule épidermique alors que dans le cas précédent on n'en comptait que 3 environ, et 1 ou 2 dans les feuilles correspondant à la solution de Knop. Nous revoyons apparaître ici, consécutivement à l'absorption directe des sucres par la plante, le caractère essentiel que nous avons décrit plus longuement chez le Radis : exagération du tissu palissadique dont le nombre des cellules augmente en surface et en profondeur, en même temps que l'importance des lacunes diminue.

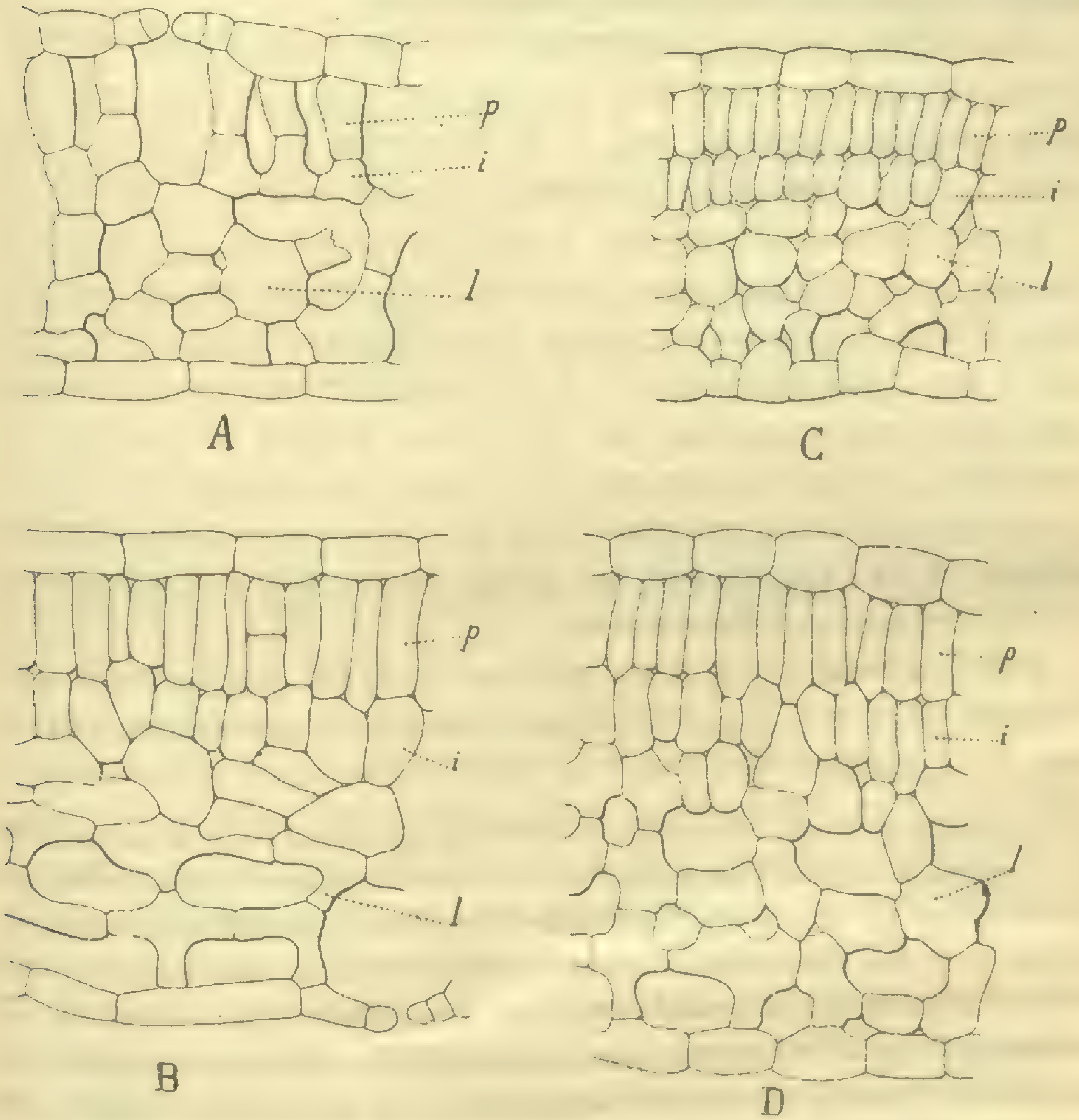


Fig. 49. — Limbes d'Ipomées développés sur une solution minérale (A), sur une solution de saccharose à 10 °/₀ (B), sur des solutions contenant 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ de peptone (C) ou 2 °/₀ d'asparagine (D) ; *p*, assise palissadique ; *i*, assise intermédiaire ; *l*, tissu lacuneux (Gr. = 300).

La feuille ne présente d'amidon dans son limbe que si on lui fournit du glucose ; c'est alors seulement dans le tissu lacuneux et dans le parenchyme des nervures que s'observe l'amidon ; il n'en existe plus quand au glucose on ajoute de l'asparagine ; sa production s'exagère au contraire dans la feuille par l'addition de peptone et les leucites de l'assise palissadique eux-mêmes se colorent légèrement par l'iode. Dans les conditions normales de végétation la feuille de l'Ipomée ne présente pas d'amidon.

Des mâcles d'oxalate s'observent dans des cellules incolores de l'assise palissadique pour tous les milieux, sauf celui qui contient de la peptone ; celle-ci nuit à la formation de l'oxalate d'une manière aussi nette qu'elle favorise la constitution de l'amidon.

Remarquons d'ailleurs que lorsqu'on fournit de la peptone à l'Ipomée la formation intense d'amidon, la différenciation de l'assise palissadique, l'absence de cristaux d'oxalate de calcium correspondent à un développement tout à fait amoindri de la plante et que nous nous trouvons dans les conditions limites permettant la croissance ; l'utilisation des matériaux nutritifs absorbés est réduite à son minimum et on comprend que ceux-ci se condensent dans les cellules où ils s'accumulent, en même temps que les substances d'excrétion sont peu abondantes.

Nous pouvons résumer en quelques mots les modifications que l'Ipomée présente, lorsqu'on vient à varier le substratum, de la manière suivante :

Le glucose et le saccharose déterminent un abaissement de la taille, une diminution du rapport des diamètres du cylindre central et de l'écorce, une prolongation de la vie des feuilles, la formation d'amidon dans le parenchyme de la tige du pétiole et même du limbe foliaire, une épaisseur plus considérable des parois cellulaires, une production plus abondante de chlorophylle et d'anthocyane, une exagération du tissu palissadique, une localisation nouvelle de l'oxalate de calcium, une réduction du calibre des vaisseaux ligneux, leur apparition plus tardive par rapport à celle du liber, un développement plus considérable de ce dernier tissu, la formation précoce de fleurs pour une concentration qui paraît bien déterminée.

L'asparagine et la peptone ajoutées au glucose nuisent au développement des radicelles et la première substance affaiblit la production de la chlorophylle ; la peptone empêche la formation de cristaux d'oxalate de calcium et favorise celle de l'amidon.

V. — CRESSON (*NASTURTIUM OFFICINALE* L.)

J'ai choisi en dernier lieu le Cresson, plante normalement aquatique, pour effectuer des cultures analogues aux précédentes, mais en supprimant l'emploi de la gélose. Les graines mises en contact une minute environ avec de l'eau stérile étaient soumises pendant une minute à l'action du bichlorure de mercure à 1 °/₀, puis lavées plusieurs fois avec de l'eau stérilisée ; elles germaient après ce traitement d'une manière très régulière et sans développement d'organismes étrangers. Lorsque la radicule était bien apparente chaque graine était portée sur de la mousseline encadrée par un anneau de verre ; celui-ci était maintenu à la surface du liquide grâce à une tige de verre traversant à frottement dur le bouchon d'ouate qui fermait le ballon de culture ; des fils venaient suspendre l'anneau à la partie inférieure de cette baguette recourbée en crochet ; le dispositif employé est analogue à l'un de ceux qui ont été utilisés par J. Laurent (**28**) dans ses recherches sur l'absorption des sucres par les racines.

Aspect extérieur. — Au bout de 2 à 3 mois de développement les plantes mises en présence d'eau de Vanne présentaient une longue tige (12^{cm} environ) très grêle ; seules les 3 ou 4 dernières feuilles apparues étaient bien vivantes, mais d'un vert très pâle : toutes les autres étaient blanches et visiblement mortes ; les racines étaient nombreuses et ne présentaient pas de poils absorbants.

Dans le milieu minéral de Knop les caractères étaient très analogues ; la taille était simplement un peu réduite ; si on ajoute au liquide précédent 2 °/₀ d'azotate de calcium la tige est encore plus courte, mais devient par contre sensiblement plus épaisse, en même temps que les entrenœuds diminuent de longueur.

De tous les liquides employés c'est la solution de Knop à laquelle on ajoute 10 °/₀ de saccharose qui a donné le meilleur développement ; la tige n'atteint plus que 6^{cm} environ, mais les feuilles, qui sont au nombre d'une vingtaine, sont d'un vert foncé vers le haut de la tige et beaucoup plus larges que précédemment ; elles restent vivantes tout le long de la tige, acquérant simplement dans le bas une teinte plus jaune ; enfin elles se recourbent transversalement, la face inférieure devenant concave. La tige est beaucoup plus épaisse, ses entrenœuds sont plus courts et elle se dresse facilement au-dessus du support alors qu'elle ne peut le faire dans les milieux purement minéraux. Les radicelles et racines adventives sont longues et présentent dans le liquide, comme dans l'air, des poils absorbants très apparents.

Avec le glucose l'aspect des cultures change tout à fait ; si on ajoute à la solution minérale 2 °/₀ de glucose les racines sont encore bien développées, mais ne présentent pas de poils absorbants ; la tige reste petite, n'atteignant guère que 4^{cm} ; elle présente une coloration violacée rappelant exactement celle du *Tricholoma nudum*. A la dose de 5 °/₀ le glucose diminue encore plus la croissance ; la tige ne dépasse pas 2^{cm}, les feuilles sont très petites, les racines sont atrophiées dans la partie qui baigne dans le liquide où elles noircissent assez rapidement ; enfin, au bout du même temps de développement, on n'observe plus que des tiges de 1^{cm} environ avec 10 °/₀ de glucose ; elles sont d'un violet foncé et portent des feuilles d'un vert très intense, mais très petites ; il n'y a plus de racines dans le liquide.

Nous observons donc ici une action de glucose très différente de celle qu'exerce le saccharose ; la chose peut paraître singulière après tout ce que nous avons observé d'autre part ; je me contente pour l'instant de signaler les faits, me proposant de revenir sur ces expériences relatives au Cresson ; le glucose employé ici a toujours été le glucose masse du commerce ; le sulfate de calcium qu'il contient est-il nocif pour la plante qui nous occupe et est-ce à lui qu'il faut rapporter la faible croissance de la tige et la mort des racines dans les milieux glucosés un peu concentrés, alors que ce sel serait sans action appréciable sur les plantes précédentes ? ou bien le Cresson est-il incapable d'assimiler le saccharose et le développement qu'il présente dans les liquides contenant du sucre de canne est-il dû simplement à la petite quantité de sucres réducteurs provenant de la stérilisation par la chaleur ? C'est ce que décideront des expériences faites avec du glucose pur, en l'absence de sulfate de calcium ajouté artificiellement, ou avec des solutions de sucre de canne stérilisées à froid par filtration.

Malgré cette incertitude j'ai tenu à rapporter ici le résultat de ces premières cultures qui m'ont fourni, au point de vue des modifications anatomiques, des faits qui cadrent avec ceux que nous avons observés pour les plantes précédentes.

Modifications anatomiques. — Les feuilles des individus qui se sont développés sur la solution minérale ont un limbe dont l'épaisseur ne dépasse pas 120 μ; entre les deux épidermes (fig. 50, A) s'observent une ou deux assises palissadiques à très grandes lacunes et à cellules peu allongées, et trois assises constituant le tissu lacuneux proprement dit; on ne peut déceler aucune trace d'amidon dans les chloroleucites, pas plus que dans la tige.

Avec 5 °/₀ de glucose l'assise palissadique est plus différenciée en ce sens que les cellules qui la constituent sont plus allongées perpendiculairement à la surface du limbe et présentent beaucoup moins de lacunes (fig. 51, D); le tissu sous jacent est formé de cellules plus petites que dans le cas précédent; les chloroleucites acquièrent sous l'action de la solution iodo-iodurée une teinte bleue mettant en évidence la formation d'amidon à leur intérieur; cette substance apparaît également dans la tige autour du cylindre central.

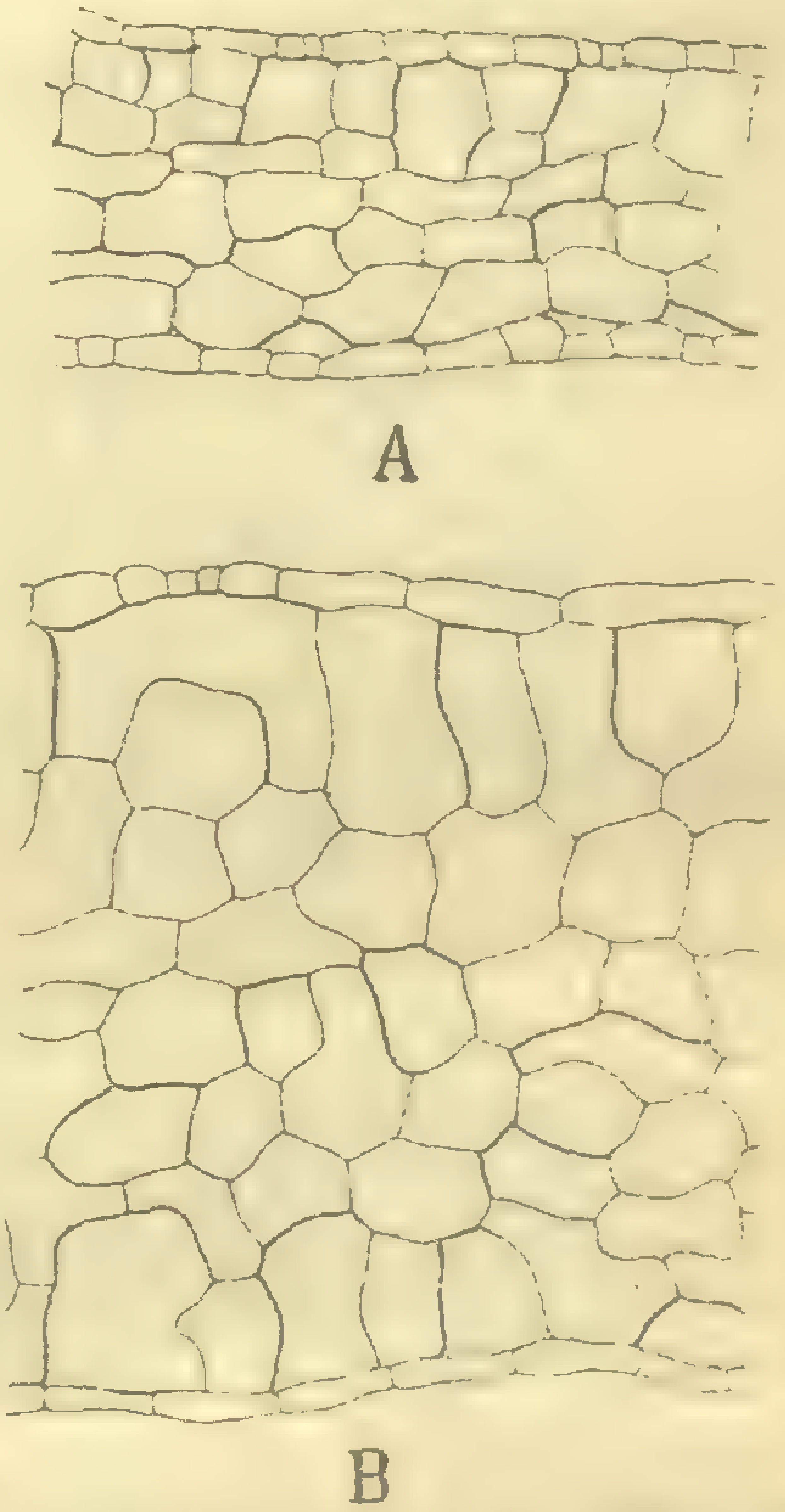


Fig. 50. — Limbes de Cresson correspondant à une solution minérale (A) et à une solution de saccharose à 10 °/₀ (B) (Gr. = 150).

Les feuilles d'individus cultivés en pots dans de la terre humide, à la même exposition que les plantes développées en ballons avaient une structure analogue; leurs chloroleucites fabriquaient également de l'amidon, mais celui-ci n'apparaissait pas à l'état de réserve dans la tige.

Si la dose de glucose devient égale à 10 °/₀ le limbe présente une plus grande épaisseur (160 μ) et une structure toute différente (fig. 51, E); le parenchyme est uniforme, constitué par 6 à 7 assises de cellules à contour arrondi ; les leucites chlorophylliens contiennent beaucoup plus d'amidon que dans le cas précédent ; il en apparaît même dans les cellules épidermiques ; la tige présente aussi de gros grains composés dans les cellules de l'écorce qui bordent le cylindre central et dans la moelle.

Tige et feuilles nous apparaissent dans ce cas comme jouant le rôle d'organes de réserve et on ne peut s'empêcher de comparer les feuilles peu nombreuses qui se sont développées dans ces conditions aux cotylédons dont elles se rapprochent par leur forme, leurs dimensions et leur structure ; cette convergence que nous avons déjà vue se réaliser pour le Radis s'explique facilement par la similitude des milieux qui ont présidé au développement des cotylédons dans l'ovule et des feuilles ultérieures dans un liquide très riche en sucre.

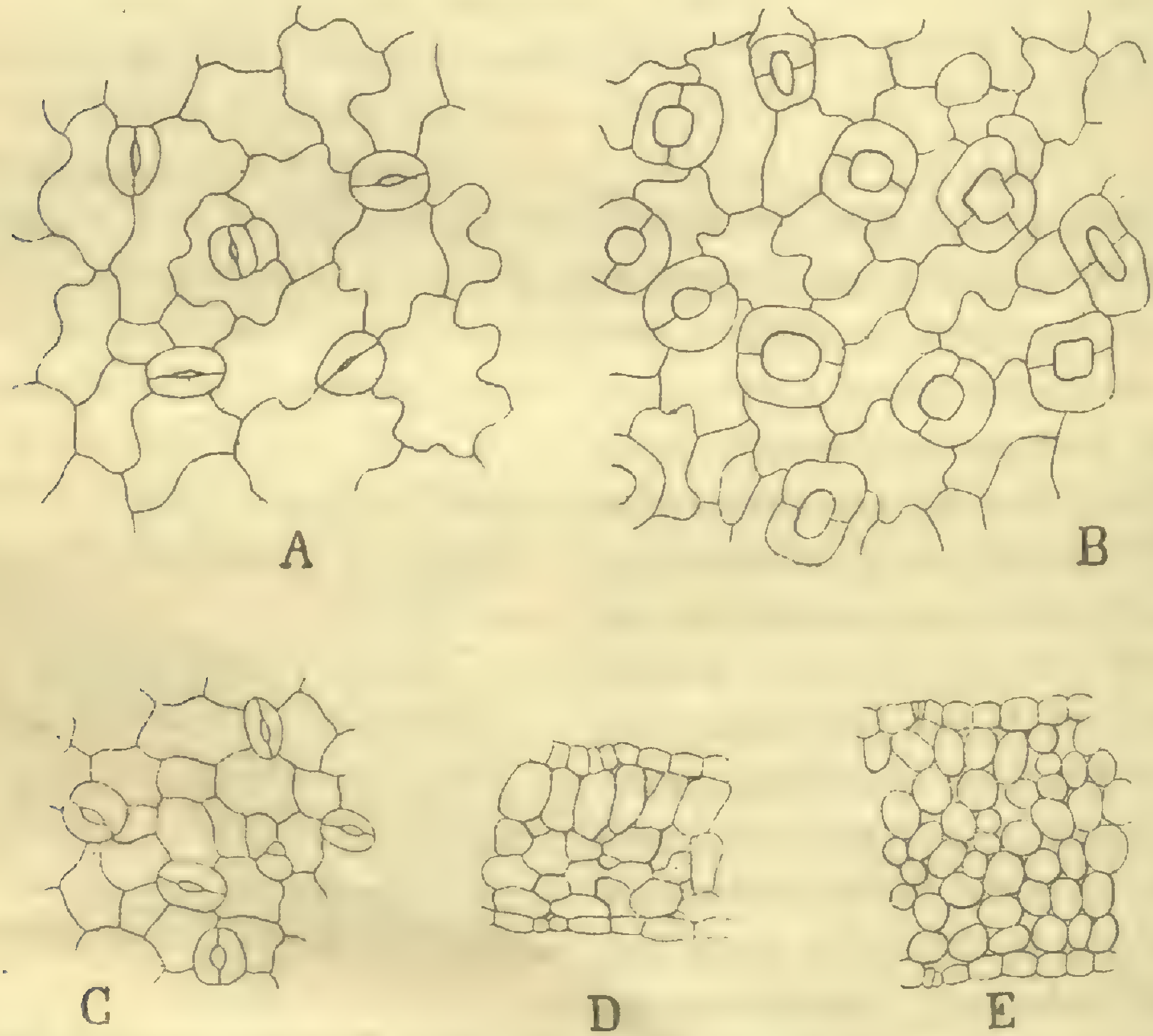


Fig. 51. — A, B et C, Épiderme supérieur de la feuille de Cresson, sur terre humide (A), sur solution de saccharose à 10 % (B) et sur solution de glucose à 10 % (C) (Gr. = 100).— D et E, limbe de la feuille de Cresson, en solutions glucosées à 5 % (D) et 10 % (E) (Gr. = 150).

Les cellules épidermiques sont sensiblement moins différenciées pour ces feuilles que pour celles qui se sont constituées en présence de la solution minérale ou de la terre humide ; il suffira, pour s'en convaincre, de comparer la figure 51 (A) qui représente les cellules de l'épiderme supérieur d'une feuille développée dans ces dernières conditions et la figure 51 (C) (solution de glucose à 10 °/₀) ; le contour des cellules, au lieu de devenir sinueux, reste beaucoup plus régulier. Dans les deux cas les stomates présentent une ostiole étroite ; cette ouverture est au contraire très large dans la solution de Knop qui paraît provoquer de bonne heure l'ouverture définitive des stomates.

Ce dernier phénomène s'exagère pour les solutions à 10 °/₀ de saccharose (fig. 51, B), l'ostiole est largement béante et généralement son plus grand diamètre devient perpendiculaire au grand axe de la fente initiale ; de plus une des cellules stomatiques se divise souvent transversalement sur la face inférieure de l'épiderme. Le limbe devient ici beaucoup plus épais (environ 300 μ) et comprend, entre les deux épidermes, une assise palissadique très nette et 5 assises de cellules laissant entre elles de grandes lacunes (fig. 50, B) ; les chloroleucites présentent encore de l'amidon et cette matière se met en réserve, en ce qui concerne la tige, dans la moelle et autour du cylindre central.

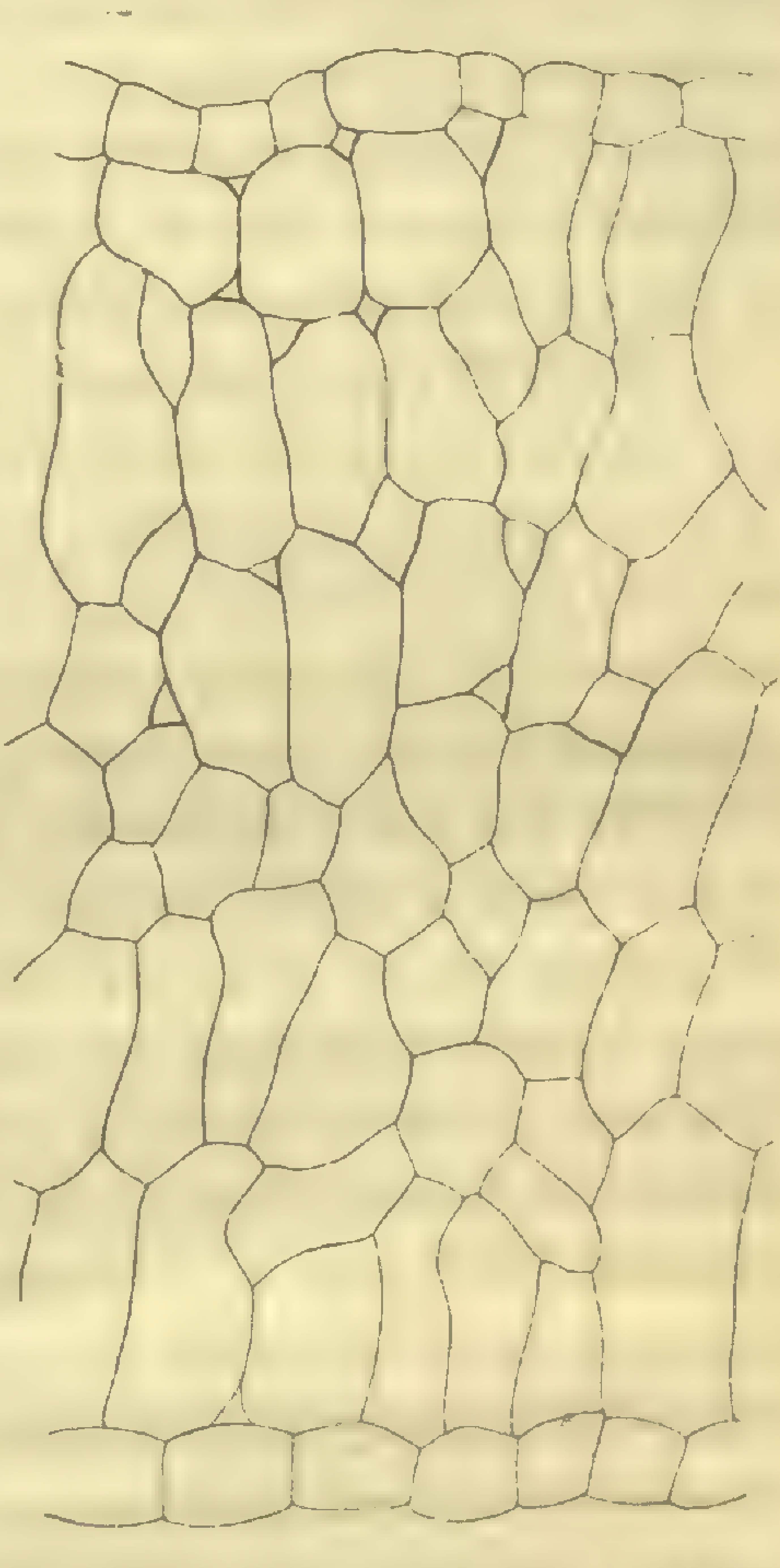


Fig. 52. — Limbe de la feuille du Cresson développé en présence de 1 °/₀ de chlorure de sodium (Gr. = 150).

Glucose et saccharose agissent comme sur les plantes précédentes vis-à-vis des tissus conducteurs et je crois inutile d'insister à nouveau sur ces modifications qui nous apparaissent comme très constantes.

Des essais de cultures sur des solutions contenant 5 °/₀ de glucose et 2 °/₀ d'asparagine ont toujours été négatifs ; la germination commencée sur l'ouate humide ne peut continuer sur ce milieu ; avec 2 °/₀ de glucose et 1 °/₀ d'asparagine le développement est assez faible, les feuilles prennent une teinte jaune et les racines sont incapables de croître dans le liquide ; les autres caractères extérieurs sont ceux des plantes cultivées en présence du glucose seul ; mais l'addition d'asparagine, qui ne paraît pas être utilisée, modifie la structure des feuilles dans le même sens que pour les autres plantes étudiées à ce point de vue : l'épaisseur du limbe augmente, les cellules deviennent plus volumineuses et plus sphériques, il n'y a pas trace de formation d'amidon.

La figure 52 représente enfin la coupe d'une feuille d'un individu qui s'est développé sur la solution minérale témoin additionnée de 1 °/₀ de chlorure de sodium. La croissance est très faible dans ce cas ; il ne se constitue qu'un petit nombre de feuilles qui deviennent très grasses et tout à fait comparables à celles du *Sedum acre* ; vers le milieu du limbe on compte environ 7 assises de cellules, toutes allongées perpendiculairement à la surface du limbe ; les chloroleucites sont à peine visibles. Nous retrouvons ici la structure des plantes vivant dans les terrains salés, structure étudiée par Lesage (**32**), et si nous les mentionnons à nouveau, c'est pour comparer les effets produits d'un côté par l'addition de 1 °/₀ de chlorure de sodium et d'un autre par celle de 10 °/₀ de saccharose par exemple ; pour une pression osmotique relativement faible dans le premier cas nous obtenons un développement énorme du tissu palissadique, tel qu'il n'est jamais réalisé par le second corps. Nous ne devons pas négliger les considérations de pression osmotique extérieure, mais outre que la pression osmotique interne et surtout la turgescence (différence des deux pressions précédentes) serait beaucoup plus importante à examiner, la nature chimique de chaque corps intervient en amenant dans la cellule où il pénètre des modifications physico-chimiques dont la nature nous échappe le plus ordinairement, mais qui du moins nous apparaissent comme jouant un rôle très important au point de vue du déterminisme de la structure. Une dernière preuve de ce fait c'est qu'avec une solution d'azotate de potassium isotonique de la solution à 1 °/₀ de chlorure de sodium on n'obtient pas du tout les mêmes caractères, les plantes devenant beaucoup plus grandes (2^{cm} au lieu de $0^{cm}5$) et les feuilles n'acquérant pas de carnosité.

Nous retrouvons donc pour le Cresson cultivé sur des solutions non gélosées un certain nombre de caractères que nous avons signalés précédemment ; ce sont :

Accentuation du tissu palissadique sous l'influence du glucose et du saccharose ;

Forme et structure cotylédonaires acquises par les feuilles se développant en présence de 10 °/₀ de glucose ;

Formation d'amidon dans la tige sous l'action du glucose et du saccharose. Action très spécifique du chlorure de sodium sur la structure des feuilles, comparée à celles des sucres ou de l'azotate de potassium.

VI. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En même temps que mes expériences constituent une nouvelle confirmation, surtout par les cultures en tubes fermés, des recherches de J. Laurent sur l'assimilation de substances organiques par les racines, j'ai retrouvé plusieurs faits relatifs aux caractères morphologiques que prennent les plantes dans cette vie saprophytique. Telles sont la diminution de la taille avec la concentration du milieu nutritif, la production de la chlorophylle favorisée surtout par le saccharose et le glucose, une sclérification et une lignification plus intenses, une production plus considérable des tissus secondaires.

Nous avons en outre observé un certain nombre de faits nouveaux de physiologie pure ou de morphologie expérimentale ; dégageons-les brièvement en matière de conclusion.

Antagonisme existant entre l'assimilation chlorophyllienne et l'absorption des sucres par les racines. — En supprimant la fonction chlorophyllienne ou en la rendant minima par la fermeture des tubes de culture j'ai observé que non seulement le rendement n'est pas diminué, mais qu'il devient plus considérable qu'à l'air libre ; l'assimilation chlorophyllienne doit donc être regardée comme s'opposant à l'absorption des sucres par les racines ; les deux fonctions correspondent d'ailleurs à des migrations inverses des substances sucrées et on conçoit que ces deux courants se nuisent.

C'est de la même manière que s'explique le fait que, sous l'action d'une atmosphère contenant 8 °/₀ de gaz carbonique, les plantes voient augmenter leur matière sèche en présence d'une solution exclusivement minérale, subissent au contraire une diminution quand il est fourni du sucre à leurs racines.

Action générale des diverses substances étudiées sur la forme des plantes. — Chaque substance active imprime aux plantes à qui on la fournit un ensemble de caractères suffisamment précis pour qu'il soit facile de reconnaître de suite quelle est la substance absorbée et à quelle dose elle a été employée ; pour ne citer que les cas les plus frappants, rappelons les formes très particulières que prend le Radis en présence de l'asparagine, de la peptone ou de la mannite. Cet ensemble de caractères spéciaux déterminés par chaque corps chez un végétal donné se retrouve d'ailleurs dans la structure anatomique, et les renseignements que nous donnent à cet égard les cultures expérimentales peuvent nous instruire sur les causes de l'anatomie normale de chaque espèce.

Je n'ai pas dans la série des expériences, dont ce travail constitue l'exposé des résultats, envisagé les modifications qui peuvent survenir dans la descendance des plantes cultivées dans des conditions assez différentes des conditions naturelles ; mais il est à penser que de telles modifications doivent se manifester et je compte poursuivre mes recherches dans cette voie ; il est très satisfaisant en effet d'admettre que les variations morphologiques présentées par les plantes et rentrant dans le groupe de celles qui, depuis les belles recherches de de Vries, sont désignées sous le nom de *mutations*, trouvent en dernière analyse leur cause dans des modifications apportées au chimisme de la plante (1).

Conditions de formation des tubercules. — Les intéressantes recherches de N. Bernard ont montré l'action des microorganismes dans la formation des tubercules chez les Orchidées ; celles de E. Laurent et N. Bernard ont établi que la production des tubercules aériens de la Pomme de terre était liée à la valeur de la pression osmotique du milieu extérieur ; nos expériences montrent qu'il est possible d'obtenir des tubercules de Radis en l'absence de tout organisme étranger à condition de fournir directement à la plante une quantité de sucre (glucose, lévulose, saccharose, maltose) correspondant à celle que la plante élabore elle-même dans les conditions normales de culture. Dans les mêmes conditions d'éclairement, l'Oignon s'est montré capable de fabriquer suffisamment de matériaux sucrés pour les mettre en réserve dans un bulbe, sans qu'il fût nécessaire de lui en donner directement ; c'est ainsi qu'il a pu se constituer des bulbes d'Oignon dans des cultures sur eau de Vanne, c'est-à-dire pour une pression osmotique extérieure des plus faibles.

---

(1) Alors que ce mémoire était à l'impression j'ai pu observer la production du phénomène de tricotylie dans les embryons de Radis, provenant d'individus développés dans des solutions glucosées à 10 °/₀.

Conditions de formation des fleurs. — Les fleurs n'ont évolué d'une manière normale, pour le Radis et l'Ipomée, qu'en présence de glucose ou de saccharose, et pour des concentrations très analogues des deux sucres ; nos résultats expérimentaux concordent sur ce point avec de nombreuses observations, et aboutissent avec elles à la conclusion qu'une teneur déterminée en sucre doit être réalisée dans la plante pour que l'appareil floral se développe. Rappelons que pour l'Ipomée la présence de solutions glucosées permet le développement des bourgeons floraux des premiers nœuds, bourgeons qui, dans les conditions normales, restent toujours à un état embryonnaire.

Amylogénèse. — Alors que, dans les cultures ordinaires, le Radis ne contient pas de réserves sucrées figurées, il s'est formé dans nos expériences, en présence d'une concentration suffisante de la solution nutritive, une quantité considérable d'amidon, et j'ai pu obtenir avec 15 °/₀ de glucose des tubercules qui étaient absolument bourrés de fécule ; cette apparition de l'amidon s'étend du reste à tous les organes et, si l'absorption des matériaux sucrés est amenée à un maximum par la fermeture du tube de culture, on peut voir l'amidon se former jusque dans les cellules épidermiques des feuilles.

L'amidon peut se produire aux dépens de différentes sortes de sucres absorbés par les racines et utilisés par la plante (glucose, lévulose, saccharose, maltose, lactose) ; les substances non nutritives n'interviennent dans l'amylogénèse que par la concentration qu'elles déterminent dans le suc cellulaire; c'est ainsi que la mannite, qui est incapable de donner directement de l'amidon, favorise cependant la formation de ce corps aux dépens des sucres résultant de l'assimilation chlorophyllienne. Ces résultats sont à rapprocher de ceux qui ont été obtenus par E. Laurent (**28**), Böhm (**5**), Meyer (**40**), Acton (**1**) en opérant sur des tiges ou des feuilles coupées; mais, J. Laurent (**28**) l'a justement fait observer, les conditions dans lesquelles ont expérimenté ces auteurs ne se rapportent pas à une absorption normale des substances dont on étudie l'action sur les végétaux.

D'autre part le carbonate d'ammoniaque et la peptone ont sur la formation d'amidon une action qui ne paraît pas être uniquement en rapport avec leur pouvoir osmotique et semblent intervenir par leur nature chimique.

Influence des sucres sur la formation du tissu palissadique. — A mesure qu'on augmente la teneur en sucres des solutions mises à la disposition des plantes en expérience on constate que la feuille prend un parenchyme de plus en plus compact et un tissu palissadique de plus en plus développé; les cellules de ce dernier s'allongent progressivement perpendiculairement à la surface du limbe et constituent un nombre croissant d'assises, provenant des divisions successives d'une assise primitivement unique. Cette modification dans la structure des feuilles est d'ailleurs aussi réalisée par l'action des substances organiques qui ne sont pas assimilées, telles que la mannite et la glycérine, et paraît dans tous les cas dépendre d'une déshydratation des tissus.

Ces faits sont à rapprocher de tous ceux que l'on connaît sur les rapports qui existent entre le développement du tissu palissadique et les facteurs extérieurs; on sait que ce tissu se développe sous l'influence de la sécheresse (Lothelier, **33**), du chlorure de sodium (Lesage, **32**), de la lumière (Dufour, **20**), et, par suite, du climat alpin (G. Bonnier, **9**); les deux premières actions correspondent avec évidence à celle que nous venons d'indiquer; il en est de même en ce qui concerne la lumière; celle-ci agit en effet en augmentant la teneur en sucres des cellules foliaires, qui réagissent sous l'action de ce sucre de la même manière que nous les voyons réagir dans mes expériences sous l'action du sucre qui leur est apporté par les racines. Il ne faut donc pas considérer, comme on l'a fait quelquefois, un grand développement du tissu palissadique comme destiné à favoriser l'assimilation, mais bien comme étant une conséquence d'une assimilation intense.

Les caractères que prennent les feuilles dans leur forme et leur structure, sous l'action d'un même sucre fourni à des concentrations variées, permettent de saisir une des causes qui interviennent pour donner aux feuilles de rejet ou de remplacement leur allure particulière.

Structure cotylédonaire acquise par les feuilles en présence d'une grande quantité de sucre. — Quand les plantes se développent en atmosphère confinée l'absorption plus grande des substances sucrées amène encore une exagération de la structure palissadique que nous venons d'envisager, et, avec des teneurs en sucres peu inférieures à celles qui arrêtent toute croissance, on obtient pour les feuilles (Radis, Ipomée) une structure rappelant celle des cotylédons. Cette convergence de structure nous apparaît comme résultant d'une grande similitude dans les conditions de nutrition et il est bien vraisemblable que c'est d'une manière analogue qu'il faut expliquer l'existence de feuilles primordiales, établissant des passages plus ou moins insensibles entre la feuille cotylédonaire et les feuilles définitives.

Structure de la tige en atmosphère confinée.— Nous avons constaté pour la tige des Radis qui se développent en tubes fermés, sur des solutions de glucose ou de saccharose suffisamment concentrées, une allure rappelant beaucoup celle des rhizômes, tant au point de vue de la forme extérieure qu'à celui de la structure. Cette convergence morphologique résulte de la réalisation de conditions très comparables, en ce qui touche la nutrition d'un rhizôme normal et de la tige en expérience ; dans les deux cas en effet on est en présence d'organes dépourvus, par des voies du reste très différentes, de l'assimilation chlorophyllienne et emmagasinant des substances de réserve ; pour le rhizôme celles-ci proviennent des parties aériennes de la plante, pour la tige du Radis du milieu nutritif où les sucres sont directement absorbés par les racines. Nous avons ainsi réalisé expérimentalement la production d'une sorte de *rhizôme aérien*, de même que nous avons pu, en rouvrant le tube, déterminer la superposition des deux structures que présente successivement un même rhizôme et qui correspondent, l'une à la période de sa formation, l'autre au développement de sa partie terminale en une tige aérienne.

Ce n'est donc pas à la vie souterraine que sont dues d'une manière directe les modifications de structure les plus importantes observées dans les rhizômes, comparés aux tiges aériennes ; le milieu souterrain ne paraît intervenir qu'en favorisant la mise en réserve des substances alimentaires et c'est à la teneur considérable en ces matériaux qu'il faut rapporter la structure spéciale des rhizômes.

Action des milieux sucrés sur le développement et la distribution du liber. — Nous avons constaté que chez le Radis, l'Ipomée et l'Oignon, le glucose et le saccharose augmentent notablement l'importance du tissu criblé en même temps qu'ils réduisent le calibre des vaisseaux du bois. Dans les tiges du Radis qui se transforment en sortes de rhizômes par la fermeture du tube nous voyons du liber se constituer dans la région interne des formations libéroligneuses et s'intercaler au milieu du bois alors qu'il ne se passe rien de semblable dans les tiges normales; la tige prend à ce point de vue une structure identique à celle du tubercule normal et nous sommes portés à regarder la formation du liber comme provoquée par un apport très actif de matières nutritives ; cela constitue un nouvel argument en faveur du rôle conducteur des substances organiques que possèderaient les tubes criblés ; nous sommes de plus en présence d'un exemple très net d'un tissu qui est regardé jusqu'ici comme subissant très peu de transformations sous l'action des divers facteurs et qui est cependant susceptible de modifications importantes dans sa distribution quand la nutrition des organes subit elle-même de profonds changements.

Changements de localisation. — Je rappellerai ici le changement complet de localisation qui a lieu pour l'oxalate de calcium chez l'Ipomée, suivant qu'il a à sa disposition une solution exclusivement minérale ou une solution sucrée ; les faits de cet ordre sont intéressants parce qu'ils peuvent nous donner des indications sur les transformations chimiques qui s'opèrent sous l'action des substances absorbées ; ils nous indiquent de plus que l'application de la localisation de certaines substances, telles que l'oxalate de calcium, à l'anatomie systématique n'a de valeur que lorsqu'on est assuré que les conditions de nutrition restent bien comparables.

Hypertrophie nucléaire sous l'action de l'asparagine. — Lorsque l'absorption de l'asparagine s'effectue d'une manière intense pour le Radis, en tubes fermés, les cellules de l'axe hypocotylé présentent une grande hypertrophie ; elles acquièrent plusieurs noyaux et ceux-ci subissent une dégénérescence de tout point comparable à celle qui a lieu sous l'action de la chaleur ou de nombreux parasites des deux règnes ; dans tous ces cas on doit être en présence d'un mécanisme unique.

Et quant à la notion la plus générale qui se dégage de notre travail c'est que les végétaux, même les plus différenciés, sont extrêmement plastiques, que leur structure est sous la dépendance étroite de leur chimisme, celui-ci étant lui-même influencé par les conditions extérieures ; c'est donc une confirmation nouvelle que nos expériences apportent à la théorie Lamarckienne, dans ce qu'elle présente d'essentiel.

EXPLICATION DES PLANCHES 8, 9, 10 et 13.

Planches 8 et 9.

Aspect extérieur (grandeur naturelle) de Radis cultivés, pendant deux mois, sur les solutions gélosées suivantes :

Planche 8.

Fig. 1. — Solution de Knop.
Fig. 2. — La même additionnée de 5 °/₀ de glucose.
Fig. 3. — » » » 10 °/₀ de glucose.
Fig. 4. — » » » 5 °/₀ de mannite.
Fig. 5. — » » » 5 °/₀ de gluc. et 2 °/₀ d'asparagine.

Planche 9.

Fig. 6. — La même additionnée de 10 $^0/_0$ de lactose.
Fig. 7. — » » » 5 $^0/_0$ de gluc. et 2 $^0/_0$ de peptone
Fig. 8. — » » » 2 $^0/_0$ de peptone.
Fig. 9. — » » » 10 $^0/_0$ de saccharose.
Fig. 10. — » » » 5 $^0/_0$ de lévulose.

Planche 10.

Ipomæa purpurea Lam.

A. Plante développée sur solution minérale.

B. Plante développée sur une solution contenant 5 $^0/_0$ de glucose et 2 $^0/_0$ d'asparagine.

C. Plante développée sur une solution de saccharose à 10 $^0/_0$.

Les trois échantillons ont le même âge (deux mois et demi) (réduction de 1/4).

Planche 13.

Fig. 1 et 2. — Coupes transversales de tubercules de Radis, développés l'un dans des conditions normales (fig. 1), l'autre sur une solution glucosée à 10 $^0/_0$ (fig. 2). Les deux coupes ont été traitées par une solution d'iode (G = 10).

Fig. 3 et 4. — Coupes transversales d'axes hypocotylés d'Ipomée, développés l'un sur la solution minérale (fig. 3), l'autre sur une solution contenant 10 $^0/_0$ de saccharose (fig. 4). Les deux coupes ont été traitées par l'hématoxyline, puis par une solution d'iode (G = 35).

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. E.-H. Acton. — *The assimilation of Carbon by green Plants from certain organic Compounds*. Proceed. of the R. Society, n° 280. 1889.
2. N. Bernard. — *Les conditions physiques de la tubérisation*. C. R. Acad. Sc., 27 octobre 1902.
3. N. Bernard. — *Recherches expérimentales sur les Orchidées*. Rev. gén. de Bot., T. 16, 1904.
4. L. Blaringhem. — *Action des traumatismes sur la variation et l'hérédité*. Thèse Paris, 1907.
5. Boehm. — *Ueber Starkebildung aus Zucker*. Bot. Zeitg., T. 21, 1883.

6. BOIRIVANT. — *Recherches sur les organes de remplacement chez les plantes.* Ann. Sc. Nat., Bot., 8ᵉ série, T. 6. 1898.

7. G. BONNIER. — *Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées.* Rev. gén. de Bot., T. 2, 1890.

8. G. BONNIER. — *Les plantes arctiques comparées aux mêmes espèces des Alpes et des Pyrénées.* Rev. gén. de Bot., T. 6, 1894.

9. G. BONNIER. — *Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin.* Ann. Sc. Nat., Bot., T. 20, 1895.

10. G. BONNIER. — *Influence de la lumière électrique continue sur la forme et la structure de la plante.* Rev. gén. de Bot., T. 7, 1895.

11. G. BONNIER. — *Les plantes du plateau des Nilghirris comparées à celles des environs de Paris.* Rev. gén. de Bot., T. 17, 1905.

12. P. CHARPENTIER. — *Recherches sur la physiologie d'une Algue verte,* Ann. Inst. Pasteur, 1903.

13. G. CHAUVEAUD. — *Sur le rôle des tubes criblés.* Rev. gén. Bot., T. 9, 1897.

14. J. COSTANTIN. — *Etude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones.* Ann. Sc. Nat. Bot., 6ᵉ série, T. 16, 1883.

15. J. COSTANTIN. — *Structure de la tige des plantes aquatiques.* Ann. Sc. Nat. Bot., 6ᵉ série, T. 19, 1884.

16. Ch. DASSONVILLE. — *Influence des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux.* Rev. gén. Bot., T. 10, 1898.

17. A. DAUPHINÉ. — *Recherches sur les variations de structure des rhizômes.* Ann. Sc. Nat. Bot., 9ᵉ série, 1906.

18. E. DEMOUSSY. — *Sur la végétation dans des atmosphères riches en acide carbonique.* C. R. Acad. Sc., T. 139, 1904.

19. M. DUBARD. — *Recherches sur les plantes à bourgeons radicaux.* Ann. Sc. Nat. Bot., 1903.

20. L. DUFOUR. — *Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles.* Ann. Sc. Nat. Bot., 7ᵉ série, T. 5, 1887.

21. H. FISCHER. — *Ueber die Blütenbildung in ihrer Abhängigkeit vom Licht und über die blütenbildenden Substanzen.* Flora, T. 95, 1905.

22. E. GAIN. — *Recherches sur le rôle physiologique de l'eau dans la végétation.* Ann. Sc. Nat. Bot., T. 20, 1895.

23 GAUCHERY. — *Recherches sur le nanisme végétal.* Ann. Sc. Nat. Bot., 8ᵉ série, T. 9, 1899.

24. G. KLEBS. — *Willkürliche Entwickelungsänderungen bei Pflanzen,* 1903.

25. G. KLEBS. — *Ueber Variationen der Blüthen.* Jahrb. f. wiss Bot., T. 42, 1905.

26. E. LAURENT. — *Recherches expérimentales sur la formation d'amidon dans les plantes aux dépens des solutions organiques.* Bull. Soc. R. de Belgique, T. 26, 1888.

27. J. LAURENT. — *Absorption des hydrates de carbone par les racines.* C. R. Acad. Sc., 1898.

28. J. LAURENT. — *Recherches sur la nutrition carbonée des plantes vertes à l'aide de matières organiques.* Rev. gén. de Bot., t. 16, 1904.

29. J. Laurent. — *Action comparée de la glycérine et d'un parasite sur la structure des végétaux*. C. R. Soc. Biologie, 10 juin, 1904.

30. J. Laurent. — *Les Facteurs de la structure chez les végétaux*. Rev. gén. de Bot., T. 19, 1907.

31. J. Lefèvre. — *Sur le développement des plantes à chlorophylle, à l'abri du gaz carbonique de l'atmosphère, dans un sol amidé, à dose non toxique*. Rev. gén. de Bot., T. 18, 1906.

32. P. Lesage. — *Recherches expérimentales sur les modifications des feuilles chez les plantes maritimes*. Rev. gén. de Bot., T. 2, 1890.

33. A. Lothelier. — *Recherches sur les plantes à piquants*. Rev. gén. de Bot., T. 5, 1893.

34. O. Loew. — *Zur Theorie der blütenbildenden Stoffe*. Flora, T. 95, 1905.

35. W. Lubimenko. — *Action directe de la lumière sur la transformation des sucres absorbés par les plantules de* Pinus Pinea. C. R. Acad. Sc., 8 oct. 1906.

36. L. Lutz. — *Recherches sur la nutrition des végétaux à l'aide de substances azotées de nature organique*. Ann. Sc. Nat. Bot., 1898.

37. L. Matruchot et M. Molliard. — *Recherches sur la fermentation propre*. Rev. gén. de Bot., t. 15, 1903.

38. Mazé. — *L'assimilation des hydrates de carbone et l'élaboration de l'azote organique dans les végétaux supérieurs*. C. R. Acad. Sc., 1899.

39. Mazé et Perrier. — *Recherches sur l'utilisation de quelques substances ternaires par les végétaux à chlorophylle*. Ann. Inst. Pasteur, T. 8, 1904.

40. A. Meyer. — *Bildung der Stärkekörner in den Laubblättern aus Zuckerarten, Mannite und Glycerin*. Bot. Zeitg., T. 24, 1886.

41. M. Molliard. — *Hypertrophie pathologique des cellules végétales*. Rev. gén. de Bot., T. 9, 1897.

42. M. Molliard. — *Sur l'action des microorganismes de la formation des tubercules chez le Radis*. C. R. Soc. Biologie, 1902.

43. M. Molliard. — *Sur l'obtention des bulbes chez l'Oignon en cultures aseptiques*. Bull. Soc. Bot. de France, 1903.

44. M. Molliard. — *Sur la production expérimentale de Radis à réserves amylacées*. C. R. Acad. Sc., novembre 1904.

45. M. Molliard. — *Tératologie et traumatisme*. Rev. gén. Bot. T. 15, 1903.

46. M. Molliard. — *Virescences et proliférations florales produites par des parasites agissant à distance*. C. R. Acad. Sc., nov. 1904.

47. L. Montemartini. — *Sull' influenza di atmosfere ricche di biossido di carbonio sopra lo sviluppo e la struttura delle foglie*. Atti del R. Ist. Bot. di Pavia, 1892.

48. L. Montemartini. — *Intorno alla anatomia e fisiologia del tessuto assimilatore delle piante*. Atti del R. Ist. Bot. di Pavia. 1896.

49. W. Palladine. — *Recherches sur la formation de la chlorophylle dans les plantes.* Rev. gén. de Bot., T. 9, 1897.

50. Ricôme. — *Recherches expérimentales sur la symétrie des rameaux floraux.* Ann. Sc. Nat. Bot., 8ᵉ série, T. 7, 1898.

51. T. Solacolu. — *Influence de quelques aliments minéraux sur les fonctions et la structure des végétaux.* Thèse de Doctorat, Paris, 1905.

52 Stahl. — *Der Sinn der Mykorrhizenbildung.* Jahrb. f. wiss. Bot., T. 34, 1900.

53. Teodoresco. — *Influence des diverses radiations lumineuses sur la forme et la structure des végétaux.* Ann. Sc. Nat. Bot., 1899.

54. Teodoresco. — *Influence de l'acide carbonique sur la forme et la structure des plantes.* Rev. gén. de Bot., T. 11, 1899.

55. Thomas. — *Anatomie comparée et expérimentale des feuilles souterraines.* Thèse de Doctorat, Paris. 1900.

56. H. Vöchting. — *Ueber die Bildung der Knollen.* Biblioth. Botanica, 1887.

57. H. Vöchting. — *Ueber eine abnorme Rhizombildung.* Bot. Zeit., T. 47, 1889.

58. H. Vöchting. *Zur Physiologie der Knollengewächse. — Studien über vicarirende Organe am Pflanzenkörper.* Jahrb. f. wiss. Bot., T. 34, 1900.

59. Weiss. — *Anatomie und Physiologie fleischig verdickten Wurzeln.* Flora, 1880.

TABLE DES MATIÈRES

Pages
Introduction 241
Chapitre I. — **Technique** 243
Chapitre II. — **Raphanus sativus** . . . .
    A. Cultures en milieu minéral 246
    B. Cultures en milieux glucosés . . . .
        a. Cultures en tubes ouverts 254
        b. Cultures en atmosphère confinée 275
        c. Cultures en atmosphère riche en gaz carbonique . . . 285
        d. Cultures en lumières colorées 288
        e. Résumé 291
    C. Action de substances ternaires autres que le glucose . . . 329
    D. Action de quelques substances azotées 342
Chapitre III. — **Allium Cepa** 357
Chapitre IV. — **Ipomæa purpurea** 363
Chapitre V. — **Nasturtium officinale** 375
Chapitre VI. — **Conclusions générales** 381
Explication des Planches 387
Index bibliographique 388

REVUE DES TRAVAUX

SUR LES CHAMPIGNONS

PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES

parus de 1898 à 1906 *(Suite)*

A ce moment, la partie centrale de l'oogone, différenciée en oosphère, s'entoure d'une fine membrane et digère le périplasme qui sert à sa croissance. Ces noyaux mâle et femelle, arrivés au contact, ne se fusionnent qu'après que l'oosphère, devenue l'oospore, s'est entourée d'une membrane épaissie. Au centre de l'oospore se forme un gros globule de réserve qui refoule sur le côté le noyau résultant de la fusion. Arrivé à ce stade, l'oospore est mûre et peut entrer en germination. Le globule de réserve est digéré, tandis que le noyau subit de nombreuses divisions.

Ces résultats, qui semblent bien prouver l'existence d'une véritable fécondation dans les *Pythium*, ont été confirmés par ceux que Miyake (1) a obtenus vers la même époque pour un autre *Pythium*, le *Pythium de Baryanum*. Ici encore, l'oogone jeune et l'anthéridie sont multinucléés et leurs noyaux subissent une première mitose. Dans l'oogone, ils s'ordonnent tous à la périphérie, tandis que le protoplasme se différencie en périplasme et ooplasme. L'un des noyaux pénètre au centre de l'ooplasme et les autres dégénèrent. De même dans l'anthéridie, il ne subsiste qu'un noyau qui traverse le tube de communication et vient se fusionner avec le noyau central de l'oosphère. L'oospore mûre ne renferme qu'un seul noyau. Les résultats, parfaitement concordants, de Trow, de Miyake, montrent qu'il faut abandonner l'ancienne opinion de Fisch (1885) qui avait cru voir dans les *Pythium* une fusion d'ensemble des nombreux noyaux sexuels.

Postérieurement à ces travaux, Davis (2) a cependant mis en doute, sinon les faits précédents, tout au moins l'interprétation en faveur de la sexualité qu'en donnent Trow et Miyake. Il fonde son opinion sur des recherches entreprises sur le *Saprolegnia mixta*, où il a étudié l'ovogénèse sur une forme entièrement apogame et sans anthéridies.

---

(1) Miyake : *The Fertilization of Pythium de Baryanum*. Ann. of Bot. XV, 1901, 1 pl.

(2) B. M. Davis : *Oogenesis in Saprolegnia*. Bot. Gaz. XXXV, 1903, 2 pl.

Comme Trow, il a constaté que les noyaux de l'oogone se divisent par mitoses intranucléaires à 4 chromosomes, puis dégénèrent, à l'exception de quelques-uns, situés au centre des oospores, qui se différencient aux dépens de l'oogone. Cette différenciation s'opère dans l'oogone à partir des *ovocentres*, et l'auteur pense qu'elle est sous leur dépendance directe.

Pour Trow, les organes qu'on distingue au milieu d'un oogone en voie de différenciation, les *ovocentres*, qui comprennent un centrosome et une astrosphère (fig. 5) seraient des dépendances nucléaires propres aux noyaux copulateurs. Davis les compare aux *cœnocentres* des Péronosporacées et leur attribue un rôle purement dynamique. Pour lui, ce sont des corps de nature plasmique qui ne seraient pas un organe permanent de la cellule, mais seraient simplement l'expression morphologique de l'activité dynamique passagère qui se manifeste dans l'oogone pendant que s'ébauchent les oospores. La formation de ces organes marqueraient le début du processus métabolique propre à l'ovogénèse. Davis pense en outre que l'ovocentre exerce un chimiotactisme sur les noyaux voisins et favorise leur croissance. Ceux-là seuls qui seraient compris dans la sphère d'attraction de l'ovocentre viendraient s'accoler très étroitement à lui et seraient préservés de la dégénérescence. D'ordinaire, un seul noyau remplit ces conditions, mais il peut arriver que deux et même trois noyaux persistent aussi dans une même oospore. C'est ainsi que Davis s'explique la présence des deux noyaux observés par Trow dans l'oospore, et il pense que cette particularité n'a aucun rapport avec les phénomènes de la sexualité.

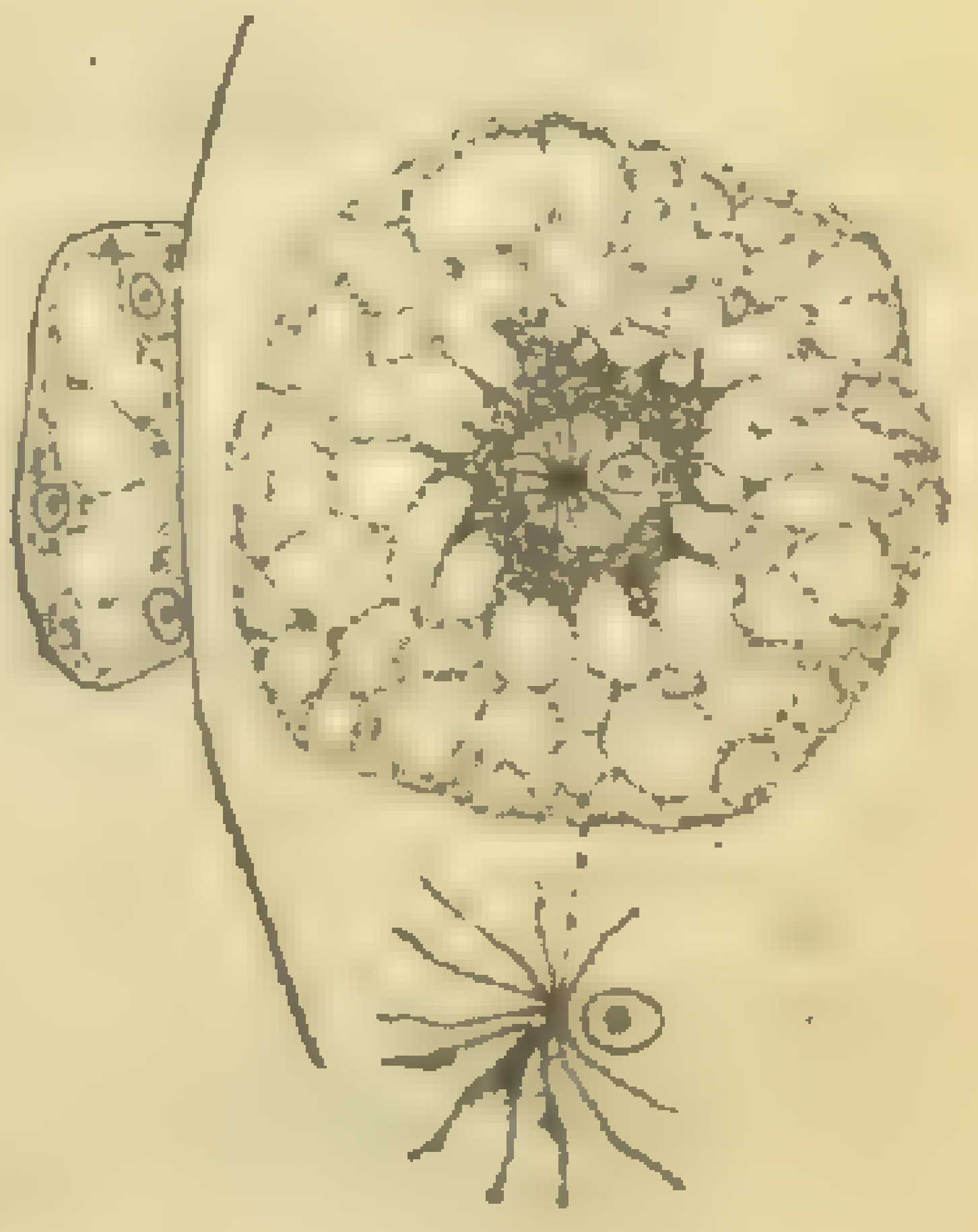


Fig. 5. — *Achlya de Baryana*. Oosphère et portion d'anthéridie. — Dans l'oosphère on voit le noyau, le centrosome et l'astrophère (d'après Trow).

Pour répondre à ces critiques, Trow (1) a étendu ses recherches à de nouvelles Saprolégniées. Il a en particulier étudié avec beaucoup de soin l'*Achlya de Baryana* et l'*A. polyandra* et a pu préciser et compléter ses résultats précédents. C'est ainsi qu'il a montré que dans l'oogone et l'anthéridie tous les noyaux subissent une première mitose où le nombre des chromosones est de 8. Quelques-uns des noyaux ainsi dédoublés subissent une seconde mitose, où le nombre des chromosomes n'est plus que de 4 (fig. 6). C'est pendant cette seconde mitose et uniquement dans l'oogone que se montrent les centrosomes et les astrosphères. Comme dans les cas précédents, la plupart des noyaux ainsi formés dégénèrent dans l'oogone et aussi, quoique plus lentement, dans l'anthéridie. Peu après, survient la séparation des oosphères dans la masse de l'oogone, chaque oosphère jeune renfermant un seul noyau muni d'un centrosome et d'une astrosphère bien développés. Par le tube de communication largement ouvert, un des noyaux subsistant dans l'anthéridie pénètre dans l'oosphère accompagné de gonoplasme (fig. 7). Il y acquiert un centrosome et une astrosphère. La fusion des noyaux s'opère sans que les centrosomes et les astrosphères, qui ont disparu à ce moment, y prennent part.

---

(1) A. H. Trow : *On the Fertilization in the Saprolegnieæ*. Ann. of Bot. XVIII, 1904.

L'auteur conclut de ces faits qu'il y a bien là la preuve d'une véritable sexualité, et les figures nombreuses et très nettes des différents stades qu'il représente sont faites pour entretenir la conviction. D'ailleurs, **Davis**, son principal contradicteur, reconnaît lui-même (1) que, dans *Achlya polyandra* et *A. de Baryana*, la fécondation est incontestable, tout en persistant dans son interprétation du rôle purement dynamique et trophique des ovocentres.

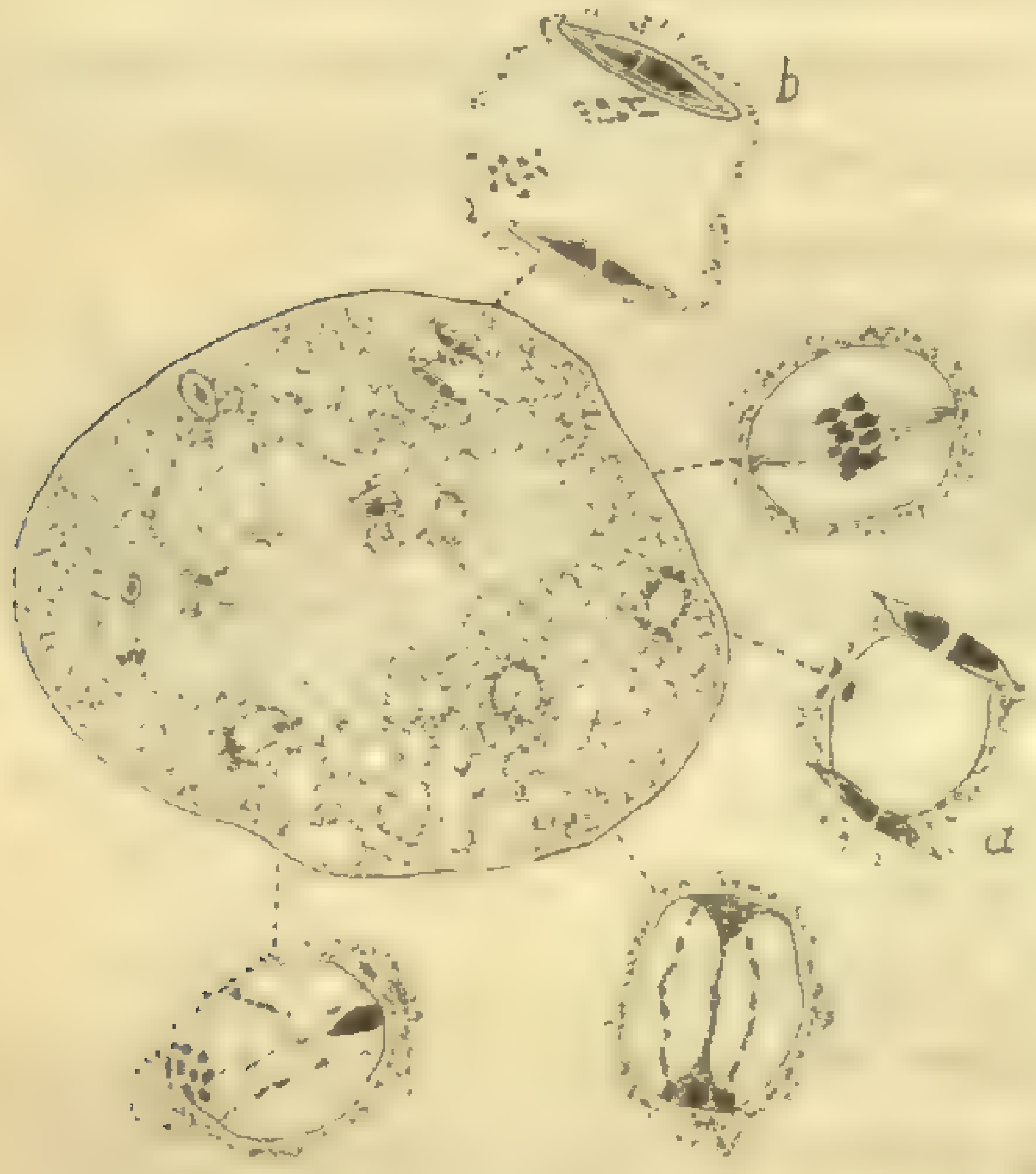


Fig. 6. — *Achlya polyandra*. Mitoses des noyaux de l'oogone montrant environ 8 chromosomes à la 1^{re} division et 4 à la 2^e division (d'après Trow).

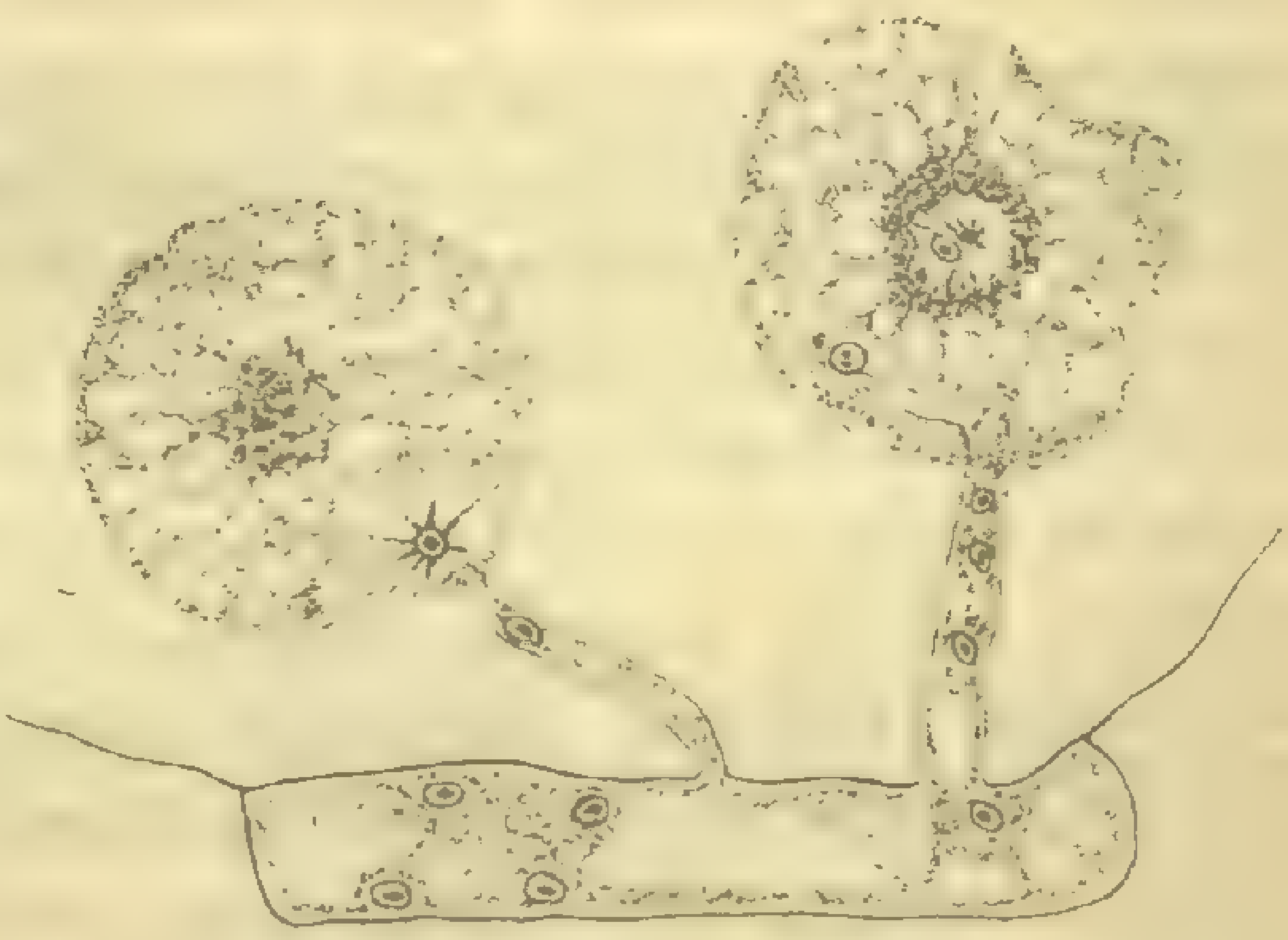


Fig. 7. — Coupe d'un oogone et d'une anthéridie montrant la fécondation de 2 oosphères. En *a*, le noyau de l'oosphère est caché sous l'ovocentre (d'après Trow).

En résumé, en dehors des nouvelles notions très importantes relatives à la cytologie des Saprolégniées que cette controverse a permis d'acquérir, il semble bien en résulter aujourd'hui, que si certains de ces champignons sont devenus apogames, beaucoup d'autres ont conservé une sexualité typique et que chez eux les phénomènes de fécondation se traduisent par des processus cytologiques (fusions de noyaux et fusions plasmiques) aussi nets mais aussi compliqués que pour les plantes supérieures.

Dans ces derniers temps, le problème de la sexualité des Saprolégniées a été abordé par d'autres voies que celles de la cytologie, et

---

(1) B. M. Davis : *Fertilization in the Saprolegniales*. Bot. Gaz., XXXIX. Janv. 1905.

Klebs (1), continuant une série de recherches sur les modes de multiplication des Champignons, a montré que la formation des œufs par fécondation dans les Saprolégniées n'était pas une propriété inhérente au champignon, mais dépendait, dans une mesure très étroite, des agents extérieurs.

Ses recherches ont porté sur le *Saprolegnia mixta*, espèce qui, dans les conditions ordinaires, présente à la fois des oogones avec anthéridies et des oogones sans anthéridies et par conséquent apogames. Les agents d'ordre purement physique (température, lumière, pression de l'oxygène, humidité), qui ont une action très manifeste sur les organes de multiplication aériens des *Eurotium* ou des *Sporodinia*, qu'il a précédemment étudiés, n'ont pas sur les *Saprolegnia* d'influence très sensible, le champignon vivant entièrement sous l'eau. Seule, la température joue un rôle très appréciable, que l'auteur a éliminé, lorsque c'était nécessaire, en faisant toutes ses cultures aux mêmes températures.

Par contre, les facteurs d'ordre chimique, en particulier la nature de la nourriture offerte au champignon, peuvent provoquer des changements très profonds dans ses divers modes de multiplication et, au point de vue de la sexualité qui nous occupe ici, la faire apparaître ou disparaître pour ainsi dire à volonté et avec autant de facilité et de précision que s'il s'agissait d'une réaction chimique.

Il est difficile de résumer les nombreuses recherches de l'auteur sur l'action des différentes substances qu'il a étudiées à ce point de vue. Voici quelques-uns des résultats les plus saillants et les plus typiques qu'il a obtenus. Dans les milieux très nutritifs (décoction de pois, extraits de viande, gélatine peptonisée, eau avec albumine, caséine, etc.), le champignon croît indéfiniment sous sa forme mycélienne si on a soin de lui fournir une nourriture fraîche et renouvelée. Ce même mycélium, bien nourri, transporté brusquement dans l'eau pure, se transforme rapidement et complètement en sporanges et le contenu mycélien en zoospores. De même, le champignon donne de façon continue uniquement des zoospores si on le cultive sur des solutions étendues de certaines substances nutritives, comme l'hémoglobine à 0.005 °/₀. En revanche, on obtient une formation abondante d'oogones si on transporte sur agar un mycélium bien nourri. Sur un milieu formé de leucine à 0,1 °/₀ et de phosphate de potassium à 0,1 °/₀, le champignon pousse d'abord abondamment, puis produit des oogones pourvues d'anthéridies. Sur une solution renfermant de 0.05 à 0,1 °/₀ d'hémoglobine, il n'a au contraire que des oogones sans anthéridies, mais, pour faire apparaître ces derniers, il suffit d'ajouter au milieu précédent une solution de phosphate. Enfin, par des combinaisons de substances nutritives diverses, en changeant les proportions ou en laissant le liquide nutritif s'épuiser par suite de la vie même du champignon, l'auteur obtient à volonté, soit ensemble, soit successivement et dans un ordre déterminé, la production de mycélium, de chlamydospores, de sporanges et d'oogones sexués ou apogames.

---

(1) G. Klebs : Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. II. Saprolegnia mixta. Jahrb. f. wiss. Bot. 1899, p. 513-593.

Dans tous les cas, il existe un antagonisme très net entre la croissance et la multiplication. Tant que le mycélium peut croître, c'est-à-dire trouve à sa disposition des éléments frais et non altérés, la multiplication sexuée ou asexuée ne peut intervenir. Elle ne se montre que si un changement quelconque du milieu le rend moins nutritif, et alors la nature chimique des aliments, leur concentration, l'état de nutrition antérieur du mycélium dont on part, déterminent l'apparition ou l'exclusion de l'un ou de l'autre mode de multiplication. Pour certaines substances nutritives, il existe un minimum de concentration que l'auteur a pu déterminer, en deçà duquel l'organe reproducteur, sporange ou oogone, ne peut plus se former. Il est à noter que la vie même du champignon dans un milieu limité et non renouvelé lui fait rapidement atteindre ce minimum.

Cette sensibilité des organes reproducteurs vis-à-vis des agents nutritifs se montre particulièrements nette pour les anthéridies. Dans les solutions pures d'hémoglobine, d'oxalate acide d'ammoniaque, de leucine, la formation des oogones est abondante mais celle des anthéridies est complètement empêchée. Les anthéridies se forment, et par suite la sexualité apparaît, si l'on en croit Trow, dès qu'on ajoute des phosphates au milieu.

Ces expériences fort intéressantes peuvent expliquer dans une certaine mesure les divergences de vues nées autrefois entre Pringsheim, De Bary et, plus récemment, entre Hartog, Davis et Trow, au sujet de la sexualité des Saprolégniées. La fécondation, qui a lieu dans certains cas, ainsi que Trow l'a montré, n'est pas une propriété du champignon qui doit forcément apparaître à un moment de son évolution. Elle est en quelque sorte facultative ou, plus exactement, elle est réglée par les agents extérieurs. Aussi doit-on partager l'opinion de Klebs, qu'on ne saurait fonder la distinction des espèces de Saprolégniées sur l'absence, la présence et sur le nombre relatif des anthéridies ainsi qu'on l'a fait pour beaucoup d'entre elles.

3° Péronosporées. — Nous avons vu par l'étude des Saprolégniées que la fécondation, si elle n'est pas le cas général dans ces plantes, n'en a pas entièrement disparu, ainsi que l'affirmait De Bary, et que, dans certains cas, mis en lumière par Trow, elle s'effectue par des processus d'une complication plus grande que celle qu'on aurait pu attendre de plantes relativement inférieures. Nous allons retrouver ces mêmes processus tout aussi compliqués et même plus variés dans le groupe très voisin des Péronospérées. Ici, tous les auteurs s'accordent pour reconnaître dans les phénomènes qui précèdent la formation de l'œuf la preuve d'une fécondation vraie. Les histologistes, qui ont eu à étudier les Péronosporées, n'ayant pas à résoudre des controverses comme celle restée pendante entre **Pringsheim** et **De Bary**, semblent avoir fait de meilleure besogne, et l'on peut dire que les Péronosporées sont actuellement le groupe de Champignons où les phénomènes de la fécondation sont les mieux connus. Aussi n'aurions-nous pas pour nous convaincre au sujet des Saprolégniées les preuves positives que **Trow** a mises en évidence, la similitude des phénomènes entre Saprolégniées et Péronosporées et l'accord des chercheurs au sujet de ces dernières pourraient nous être un sûr garant de l'exactitude de l'opinion de **Trow**.

Les recherches histologiques sur les Péronosporées remontent assez haut. **Fisch** (1885), **Chmielewski** (1889), **Wager** (1889), **Dangeard** (1894), **G. de Istvanffi** (1895), se sont occupés de la question, mais les premiers résultats précis et bien contrôlés datent du travail de **Wager** (1) sur le *Cystopus Candidus*. Il montre qu'avant la fécondation tous les noyaux de l'anthéridie et de l'oogone subissent une mitose. Dans l'oogone, un des noyaux se sépare des autres pour former le noyau de l'oosphère et il se fusionne avec un seul des noyaux de l'anthéridie qui passe à travers le tube de communication (fig. 8). Ainsi se forme le noyau de l'oospore. Il se divise immédiatement et donne 32 noyaux dans l'oospore mûre.

Peu après **Wager**, **Berlese** (2) donne le résultat de ses recherches sur les Péronosporées et notamment sur *Cystopus Portulacæ*, sur *Peronospora Ficariæ*, *P. Alsinearum*, *P. effusa*. Il confirme les découvertes de **Wager**. Seulement, pour lui la réduction chromatique se produit postérieurement à la formation de l'œuf au moment de la germination de l'oospore, tandis que **Wager** plaçait cette même réduction avant la fécondation pendant la mitose des noyaux de l'oogone et de l'anthéridie. En outre **Berlèse** considère l'œuf des *Peronospora* comme multinucléé, alors que **Wager** n'y avait précédemment (1889) trouvé qu'un seul noyau. Pour résoudre ces questions litigieuses, **Wager** (3) donne un nouveau mémoire sur la fécondation du *Peronospora parasitica*. Il confirme sur cette espèce les principaux résultats qu'il a déjà trouvés

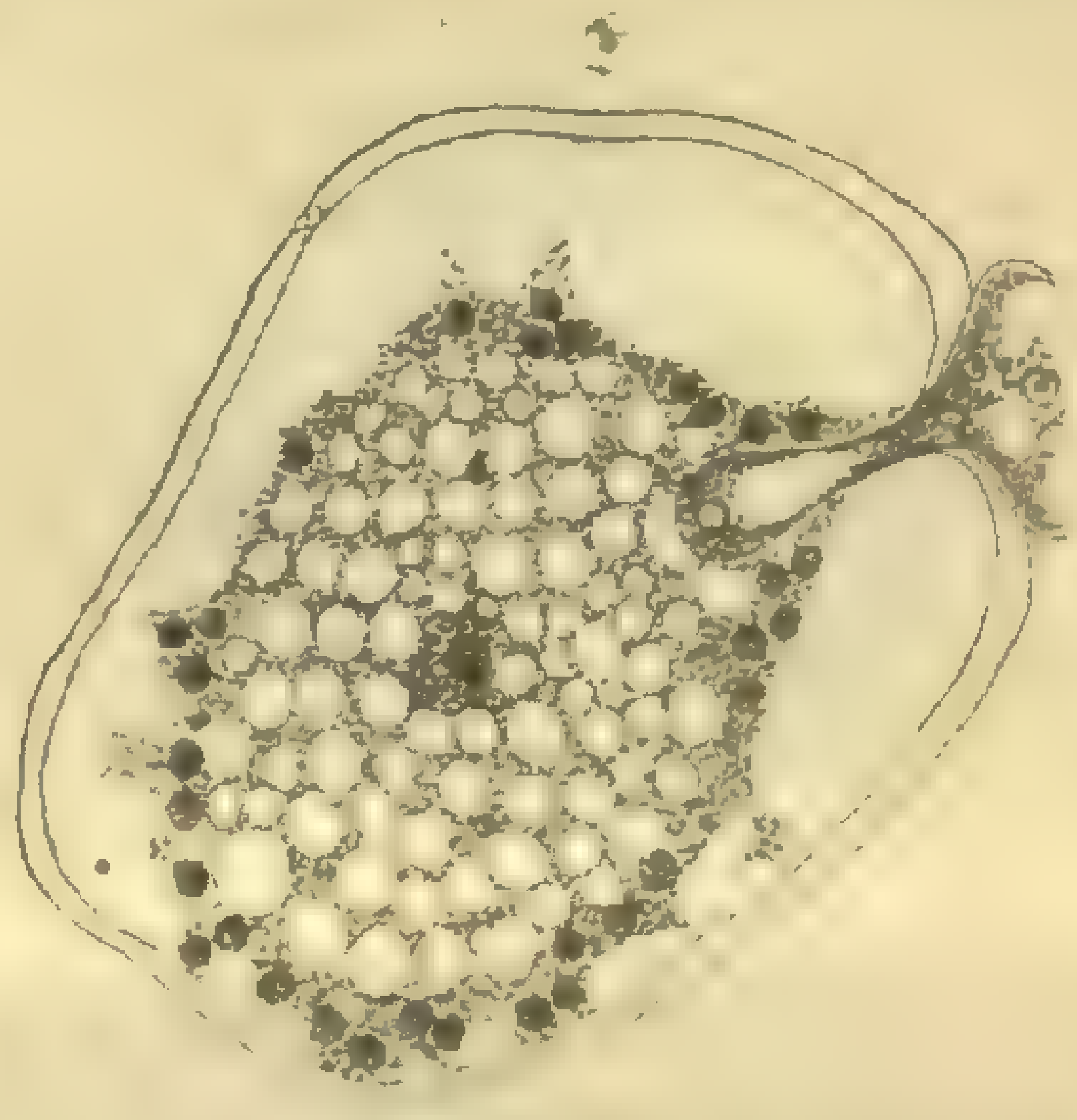


Fig. 8. — Pénétration du noyau mâle dans l'oosphère du *Cystopus candidus* (d'après Wager).

---

(1) H. Wager : *On the Structure and Reproduction of Cystopus candidus Lév.* Ann. of Bot. X, 1896.

(2) A. N. Berlese : *Ueber die Befruchtung und Entwickelung des Oosphäre bei den Peronosporeen*. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXI, 1897, 1 pl.

(3) H. Wager : *On the Fertilisation of Peronospora parasitica*. Ann. of Bot. XIV, 1900, 1 pl.

sur le *Cystopus candidus* et met en évidence dans l'oospore, peu avant l'isolement du noyau femelle et la pénétration du noyau mâle, la présence d'un organe spécial, le *cœnocentre* (fig. 9), qu'il considère comme un centre dynamique d'attraction pour le noyau femelle d'abord, puis pour le tube anthéridien et le noyau fertilisateur. Le cœnocentre agit pour amener au contact les deux noyaux sexuels, puis disparaît.

Cependant, le processus de fécondation dans les Péronosporées n'est pas toujours aussi simple que semblent le prouver les travaux précédents. Stevens, dans une série de mémoires consacrés à l'étude de cette question, montre que, dans le seul genre *Cystopus*, on peut trouver plusieurs types de fécondation.

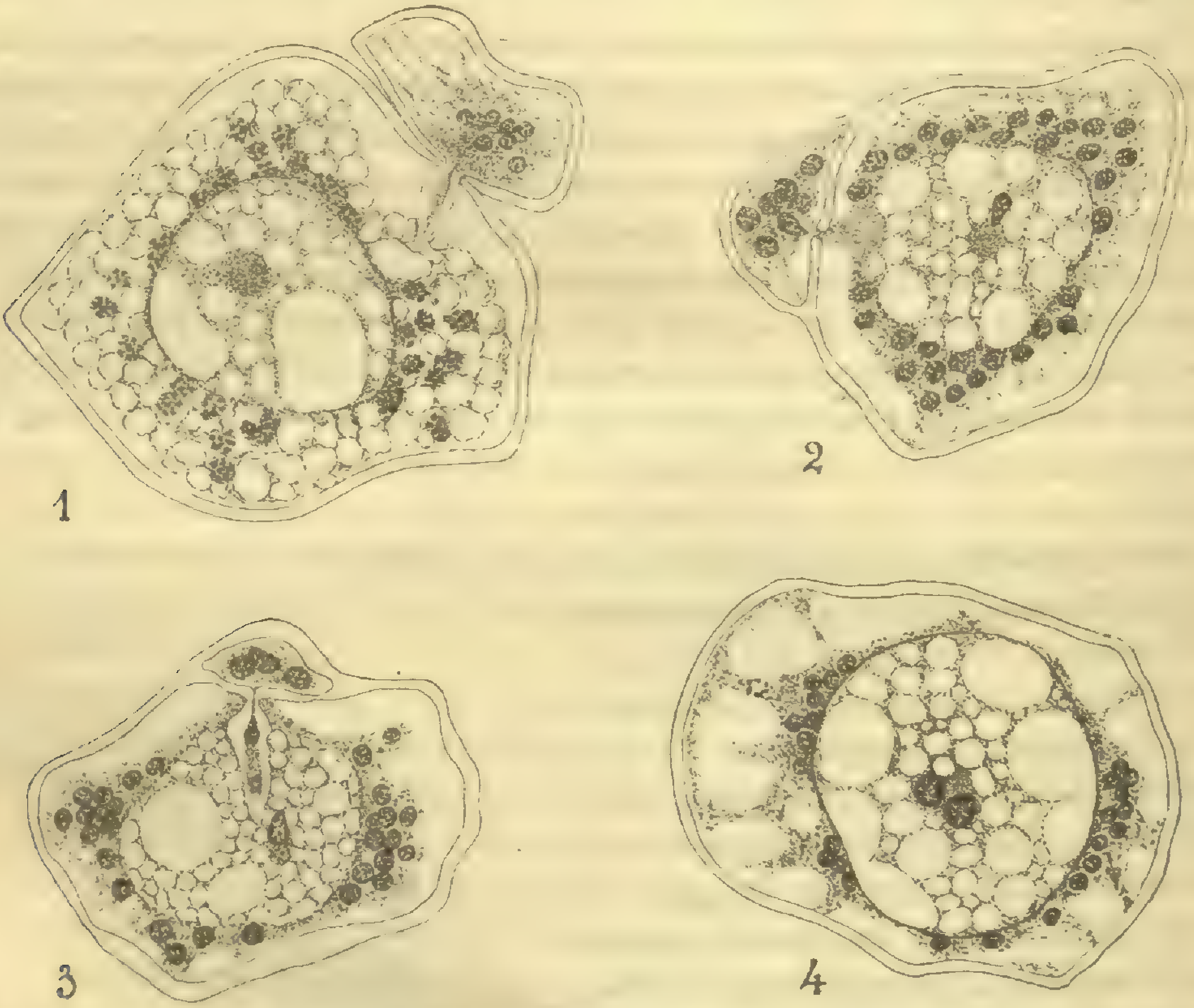


Fig. 9 à 13. — Quelques stades de la fécondation du *Peronospora parasitica*. Dans les deux figures du milieu, le cœnocentre est accolé au noyau femelle ; dans la dernière, les deux noyaux copulateurs ont été attirés par le cœnocentre (d'après Wager).

Dans un premier mémoire (3), il étudie avec soin la fécondation du *Cystopus Bliti*. Dans cette espèce, l'oogone et l'anthéridie, qui renferment un très grand nombre de noyaux, multiplient encore ce nombre par une première mitose. Dans l'oogone, à ce moment, se fait une différenciation très nette en protoplasme central (ooplasme), qui constituera l'oospore, et en protoplasme périphérique (périplasme). Les noyaux en voie de division se localisent dans le périplasme, dont la ligne de séparation avec l'ooplasme devient très nette (stade de zonation). Certains noyaux en voie de division sont à cheval sur cette ligne de séparation. Aussi, des deux noyaux fils qu'ils donnent, l'un reste dans le périplasme, l'autre va dans l'ooplasme, qui en renferme environ 50 de semblable origine. Ils subissent alors une seconde mitose, qui porte leur nombre à 100. Pendant ce temps, sans doute par suite de l'attraction exercée par le cœnocentre, le tube de l'anthéridie, dans lequel les noyaux ont aussi subi deux mitoses successives, s'avance jusqu'à l'ooplasme et y déverse une centaine de noyaux, qui se conjuguent par paires avec ceux de l'oogone. On obtient ainsi dans cette espèce un œuf multinucléé résultant de la fusion par paires d'un grand nombre de noyaux.

---

(3) F. L. Stevens : *The compound Oosphere of Albugo Bliti*. Bot. Gaz., XVIII, 1899.

Ce mode curieux de fécondation par fusions multiples, bien différent de celui déjà connu pour le *Cystopus candidus* et les *Peronospora*, a suscité un travail de révision de Davis (1) et a été pleinement confirmé. Il a d'ailleurs été retrouvé dans le *Cystopus Portulacæ* par Stevens, qui a pu, en outre, sur une nouvelle espèce de *Cystopus* (*C. Tragopogonis*), rencontrer un cas de passage entre la fécondation avec noyaux multiples du *C. Bliti* et la fécondation avec 2 noyaux seulement du *C. candidus* (2). Dans le *C. Tragopogonis* au stade de zonation, un assez grand nombre de noyaux passent du périplasme dans l'ooplasme et s'y divisent une deuxième fois comme dans le *Cystopus Bliti*, mais, de tous ces noyaux « potentiels », un seul subsiste comme noyau « fonctionnel ». Les autres dégénèrent, de sorte qu'il n'y a jamais qu'une seule fusion entre ce noyau « fonctionnel » et l'un des noyaux provenant de l'anthéridie. Pour Stevens, le cœnocentre paraît être l'organe qui influe sur les noyaux contenus dans l'oosphère pour empêcher leur dégénérescence et leur conserver la propriété de devenir fonctionnels lors de la pénétration des noyaux mâles.

Les résultats très intéressants de Stevens ont été confirmés depuis pour la plupart. Ruhland (3) retrouve dans *Cystopus Lepigoni* un processus analogue à celui du *C. candidus*. Le stade de zonation, très net, coïncide avec l'apparition du cœnocentre et avec le début des premières mitoses qui précèdent la fécondation. A en juger par le nombre final de noyaux produits, il semble même qu'il se fait, au moins pour certains noyaux, plus de deux mitoses successives. En tous cas, un seul noyau, comme dans le *Cystopus candidus*, pénètre dans l'ooplasme, mais il y subit une nouvelle division indirecte un peu spéciale qui produit deux noyaux femelles. L'un d'eux dégénère et finalement il ne reste dans l'oosphère, comme pour le *C. candidus*, qu'un seul noyau qui se fusionnera avec le noyau mâle issu de l'anthéridie. Pour l'auteur, le *C. Lepigoni*, où se révèle une réduction du phénomène sexuel encore plus grande que dans le *C. Candidus*, serait le dernier terme de la série continue marquée dans le genre *Cystopus* par les *C. Bliti*, *C. Portulacœ*, *C. Tragopogonis* et *C. candidus*.

---

(1) B. M. Davis : *The Fertilization of Albugo candida*, Bot. Gaz. XXIX, 1900.

(2) F. L. Stevens : *Gametogenesis and Fertilization in Albugo*, Bot. Gaz. XXXII, 1901.

F. L. Stevens : *Die gametogenese und Befruchtung bei Albugo*, Ber. d. d. bot. Gesell. XIX, 1901.

(3) W. Ruhland : *Studien über die Befruchtung der Albugo Lepigoni und einiger Peronosporeen*. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXIV, 1904.

La division indirecte du noyau femelle, précédant immédiatement la fécondation, paraît être asez générale dans les Péronosporées. L'auteur la signale encore dans le *Peronospora Alsinearum*, le *Scleropora graminicola*, le *Plasmopara densa*. Il y voit un mécanisme destiné à assurer avant la fécondation la réduction chromatique des noyaux copulateurs que Wager, Stevens (et Trow pour les Saprolégniées) placent dans la mitose préliminaire des noyaux de l'anthéridie et de l'oogone et que Berlese localise au moment de la formation des spores.

En même temps que Ruhland et indépendamment de lui, Rosenberg (1) a constaté aussi sur *Plasmopara alpina* la division préliminaire du noyau femelle dans l'oosphère. Il pense même qu'il se fait à ce moment deux divisions successives donnant naissance à quatre noyaux femelles et il y voit une analogie manifeste avec les divisions en tétrades des noyaux reproducteurs des plantes supérieures.

(1) O. Rosenberg: Ueber die Befruchtung von Plasmopara alpina. Bih. till k. Svenska Vet.-Akad. Handlingar, XXVIII, 1903.

(A suivre). I. Gallaud.

---

450 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les** revues spéciales **des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), docteur ès sciences.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, agrégé-préparateur à la Sorbonne.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daguillon, professeur-adjoint à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, docteur ès sciences.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), docteur ès sciences.

Gain, professeur-adjoint à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'Ecole supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences de l'Université de Genève.

Houard, préparateur à la Sorbonne.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur à l'Université de Lausanne.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kővessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Quito.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'Ecole des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Masclef, lauréat de l'Institut.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, maître de Conférences à l'Université de Montpellier.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Morkowine, docteur ès sciences, Marbourg.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (O^ve^), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Muséum.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Septembre 1907

N° 225

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 SEPTEMBRE 1907

Pages

I. — RECHERCHES CYTOLOGIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CELLULES-MÈRES DU POLLEN CHEZ LES NYMPHÉACÉES (avec planches), par **MM. W. Lubimenko** et **A. Maige** 401

II. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES, parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Gallaud** (*Suite*) 426

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON

Planche 1. — *Nuphar luteum* et *Nymphæa alba : cellules-mères des grains de pollen, avec noyau en voie de division.*

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE

MÉDAILLE D'OR A l'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. – Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. LEITZ WETZLAR

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de **E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

LE MONDE VÉGÉTAL

PAR

GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR A LA SORBONNE

« L'ouvrage que vient de rédiger M. Gaston Bonnier n'est pas, à proprement parler, un livre de Botanique.

Dans *Le Monde Végétal* l'auteur, avant tout, expose les faits qui éclairent la philosophie des sciences naturelles; il y passe en revue la succession des idées que les savants ont émises sur les végétaux; il les commente et il les discute.

L'Histoire de la fleur, la constitution des grands groupes, les passages que ceux-ci présentent entre eux, les progrès gradués dans l'Étude des Cryptogames sont les principaux sujets traités dans la première partie de cet ouvrage.

La Notion de l'espèce, la comparaison avec les animaux; les grandes questions modernes, telles que le Transformisme expérimental, la Création actuelle des espèces par mutation, les changements obtenus dans la forme des êtres par la réalisation artificielle de diverses conditions climatériques, etc., sont traités dans la seconde partie qui se termine par un chapitre sur la génération spontanée.

Avec M. Gaston Bonnier, ces questions si importantes pour la Biologie générale deviennent faciles à saisir jusque dans leur essence la plus délicate.

Un style alerte, des descriptions accompagnées de nombreuses figures et surtout une admirable clarté, sont les caractéristiques de ce livre original et intéressant. »

En vente à la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, Rue Dante – PARIS

1 vol. illustré de 230 figures

Prix : 3 fr. 50 (*Franco*, 3 fr. 85).

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Saccardo, P.-A. — Sylloge fungorum, 8 tomes en 10 vols, avec les suppléments I et II, 2 vols ; ou tome I à X. Patavii 1882-1892 . . . . **700** fr.

Baillon, H. — Histoire des plantes, 13 vols (tout publié) . . . **250** fr.

Wildeman, E. de. — Enumération des plantes récoltées au Congo par E. Laurent en 1903-04. Fasc. I à IV, Bruxelles 1905-07, 450 p., 142 pl. en cartons **75** fr.

Moore et Lindley. — The ferns of Great Britain and Ireland. London 1855. Gr. in-folio av. 51 planches, col. nature printed by Bradbury, rel. . **100** fr.

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER

Professeur de Botanique à la Sorbonne
Membre de l'Institut

ALBUM DE LA NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT

Toutes les espèces de Plantes
photographiées directement d'après nature
au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2.028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement
1, rue Dante, PARIS (V^e)

Prix : *franco*, broché . . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile **DEYROLLE**, Naturalistes

PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS

TÉLÉPHONE 729-27

Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères, Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

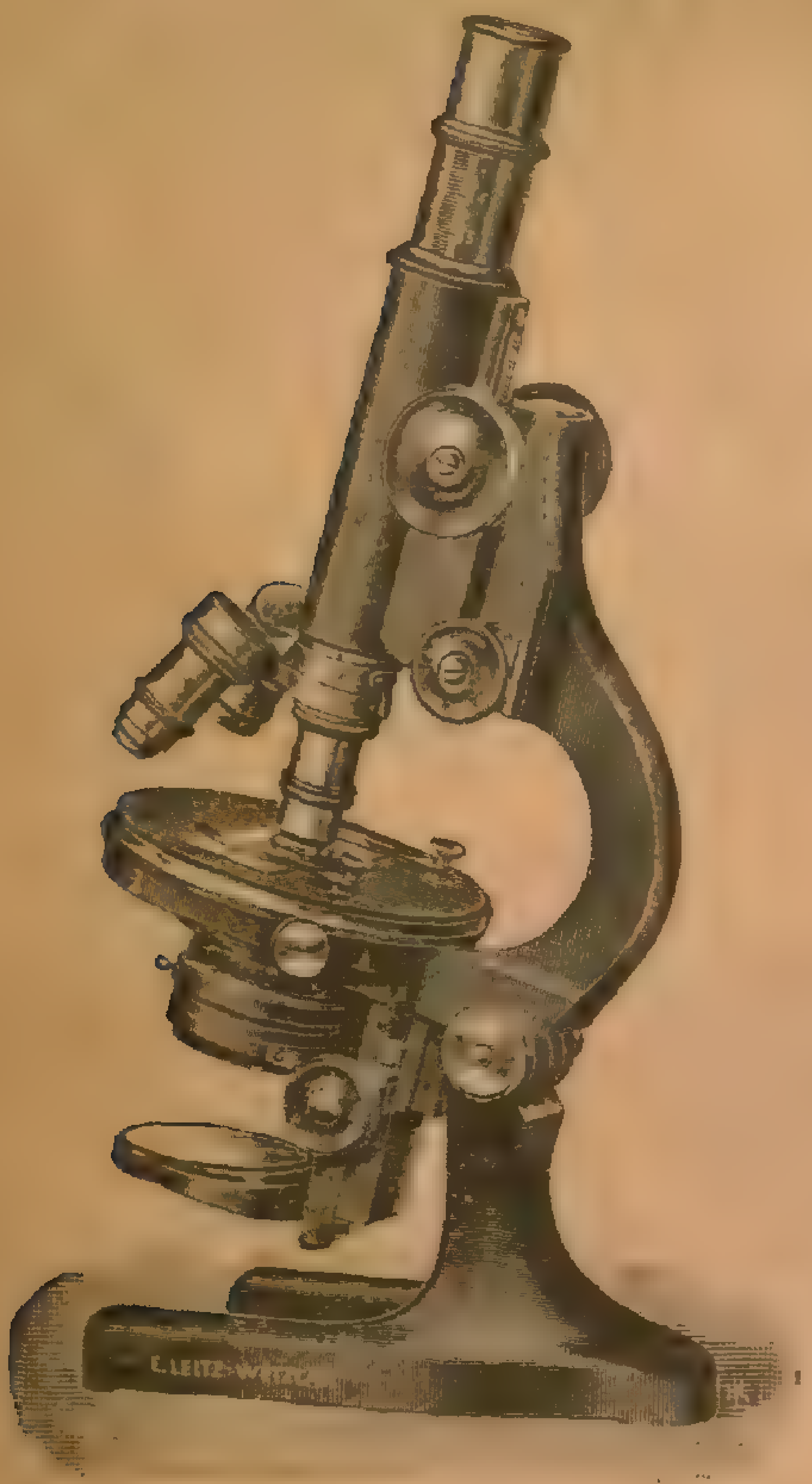
Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques



Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm)

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

LONDRES
95. Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES — PELLICULES — PAPIERS

PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS

PAR LES

“PLAQUES AUTOCHROMES”

(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc

RECHERCHES CYTOLOGIQUES
SUR LE
DÉVELOPPEMENT DES CELLULES-MÈRES DU POLLEN
CHEZ LES NYMPHÉACÉES

Par MM. W. LUBIMENKO et A. MAIGE

(Planches 1, 2, 3, 4, 5).

INTRODUCTION

Malgré les nombreux travaux cytologiques parus surtout pendant ces vingt-cinq dernières années, le problème de la division du noyau présente actuellement, même dans sa partie morphologique, beaucoup de points encore discutés, et pour lesquels de nouvelles recherches sont nécessaires. A ce sujet, les travaux récents de M. Strasburger et de ses élèves, en montrant la grande importance du stade *synapsis* dans la première division des cellules-mères du pollen, donnent un intérêt tout spécial à l'étude des cinèses polliniques.

M. Strasburger et ses élèves émettent dans leurs derniers mémoires (1) deux hypothèses très importantes au point de vue de l'hérédité : 1° il existerait dans le noyau au repos ou au stade prosynapsis des « prochromosomes », groupés deux à deux et dont le nombre serait égal en général à celui des chromosomes des cellules végétatives ; 2° la réduction des chromosomes, qui se produit pendant la première cinèse pollinique, résulterait simplement de la séparation des deux chromosomes d'un même couple, dont l'un serait d'origine paternelle et l'autre d'origine maternelle.

---

(1) Strasburger : *Typische und allotypische Kernteilung* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1905).

Kiichi Miyake : *Ueber Reduktionsteilung in den Pollenmutterzellen einiger Monokotylen* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1905).

James Bertram Overton : *Ueber Reduktionsteilung in den Pollenmutterzellen einiger Dikotylen* (Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1905).

Si ces idées sont confirmées par les faits, elles fourniront une explication simple de la séparation des caractères paternels et maternels chez les hybrides, et une confirmation de l'hypothèse qui considère les caractères morphologiques héréditaires comme représentés matériellement dans le noyau.

A un autre point de vue, il nous a paru intéressant de faire comparativement sur les cellules reproductrices et sur les cellules végétatives des observations analogues à celles de M. Gerassimow (1) sur les rapports existant entre la grandeur du noyau et celle de la cellule. M. Gerassimow a montré qu'il est possible, chez certaines espèces de Spirogyres, de diminuer de moitié ou d'augmenter du double le volume des noyaux végétatifs, sans aucun danger pour la vie de la cellule : les Spirogyres à petits noyaux ont des cellules plus petites que les Spirogyres normales, et celles qui possèdent de gros noyaux ont des cellules plus grandes.

Mais, si l'on fait varier dans la proportion de 1 à 4 le volume du noyau, on observe dans les cellules correspondantes des phénomènes pathologiques ; très souvent, les noyaux dont le volume a été rendu quatre fois plus grand se divisent brusquement en deux ou en quatre sans que la division de la cellule s'ensuive. Il est légitime de se demander s'il ne se produit pas un phénomène analogue dans les cellules-mères du pollen.

On sait depuis longtemps que les noyaux de ces cellules sont beaucoup plus gros que ceux des cellules végétatives, mais jusqu'à présent on n'a fait aucune recherche spéciale en vue d'évaluer, d'une manière précise, le rapport de leurs dimensions respectives.

Il nous a donc paru intéressant de mesurer et de comparer, pour chacun des stades de la division des cellules-mères du pollen, la grandeur des noyaux des tissus reproducteurs et végétatifs des étamines.

Le choix de la famille des Nymphéacées nous a été suggéré, comme sujet de nos études, par l'intérêt qu'elle présente au point de vue phylogénétique. Indépendamment des caractères morphologiques et anatomiques bien connus, certaines particularités cytologiques, comme la grosseur des noyaux (1) et la simplicité de la membrane des grains de pollen, rapprochent cette famille des Monocotylédones; il était naturel de se demander si l'étude morpho-cytologique complète du développement du pollen ne fournirait pas à ce sujet des documents intéressants. Les études cytologiques faites jusqu'à présent sur le développement du pollen n'ont pas été dirigées, il est vrai, dans le but de trouver des différences d'ordre systématique, mais plutôt en vue de dégager les caractères généraux de ce développement; elles ont permis cependant d'établir des caractères distinctifs assez constants entre les Monocotylédones et les Dicotylédones, et elles peuvent fournir, de cette manière, des documents suffisants pour la comparaison avec les Nymphéacées.

---

(1) Gerassimow : *Ueber die Grösse des Zellkernes* (Beiheft. z. Botanich. Centralblatt, t. XIX, 1 Abt. 1905, I, pp. 45-118).

Guidés par ces considérations, nous avons entrepris l'étude morpho-cytologique du développement du pollen, du sac embryonnaire et de l'embryon chez diverses espèces de Nymphéacées; mais, les recherches de ce genre demandant un temps considérable, nous avons divisé notre travail en plusieurs parties, qui paraîtront successivement à mesure que les recherches correspondantes seront terminées.

Dans ce mémoire, nous exposerons le résultat de nos observations sur le développement des cellules-mères du pollen dans les *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* jusqu'à la fin de la troisième cinèse.

Les étamines à divers états de développement ont été fixées par le mélange de Flemming, puis, après inclusion dans la paraffine, coupées en rubans de 5 μ d'épaisseur et colorées soit à la triple coloration de Flemming, soit à l'hématoxyline ferrique, suivant la méthode de Heidenhain.

Ce travail commencé par l'un de nous au laboratoire de l'Institut botanique de Bonn a été poursuivi en collaboration et terminé au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Nous remercions les directeurs de ces deux laboratoires, MM. les professeurs Strasburger et G. Bonnier de l'aimable hospitalité qu'ils nous ont offerte et des précieuses indications qu'ils nous ont données.

---

(1) Koernicke : *Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung* (Ber. d. deut. Bot. Gesell. Band XXI, 1903, p. 132).

EXPOSÉ DES RECHERCHES

Les deux cinèses polliniques de *Nymphæa alba* ont été déjà étudiées par M. Guignard (1) et M. Strasburger (2), et celles de *Nuphar luteum* par M. Guignard, mais ces deux savants cytologistes, dont l'attention était attirée par des questions d'ordre général, et notamment vers la recherche des centres cinétiques, n'ont donné qu'une description très brève de ces cinèses ; il nous paraît préférable, au lieu de résumer ici leurs observations, d'indiquer au cours de notre travail les différents faits qu'ils ont déjà constatés.

Première cinèse

Premier Stade : Prosynapsis. — Notre étude commence au stade où les cellules-mères du pollen sont déjà différenciées et forment au milieu du sac pollinique un massif compact de cellules polygonales étroitement unies les unes aux autres. A cet état, leur cytoplasme est formé d'un réseau irrégulier et granuleux ; leur noyau, dont le contour est bien distinct, renferme un nucléole arrondi et présente à la périphérie un réseau chromatique à mailles fines et irrégulières, dont quelques-unes des ramifications pénètrent à l'intérieur de la cavité nucléaire pour se rattacher au nucléole. Les filaments de ce réseau présentent des granules assez nombreux et disposés sans ordre, et émettent çà et là de courtes et fines branches latérales, qui contribuent, avec les granules, à donner à l'ensemble un aspect très irrégulier.

Dans les préparations colorées au triple colorant de Flemming, le nucléole est rouge et le réseau bleu ; la couleur exacte des granules chez le *Nymphæa alba* est difficile à apprécier, à cause de leur petitesse, mais, chez le *Nuphar luteum*, ils sont beaucoup plus gros et nettement teintés en rouge (voir Pl. 1, fig. 1 et 2). Ce stade, selon toute apparence, correspond à l'état de repos ; mais, comme il nous manque des documents pour fixer notre opinion d'une manière tout à fait précise, nous préférons le désigner sous le nom de *prosynapsis* (1).

---

(1) Guignard, L. : *Les centres cinétiques chez les végétaux* (Annales des Sciences naturelles, 8e série, t. VI, 1897).

(2) Strasburger, Ed. : *Ueber Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich*. Iena, 1900, pp. 59-62.

Un stade tout à fait analogue à celui que nous venons de décrire peut être observé dans les noyaux végétatifs du parenchyme des sacs polliniques. Le filament nucléaire paraît ici plus serré à cause des dimensions plus faibles du noyau, mais tous les autres caractères sont semblables : les granules, fortement colorés en rouge, comme le nucléole, sont en général fixés aux angles du réseau nucléaire. Chez le *Nuphar luteum*, où ces granules sont plus gros et moins nombreux, leur nombre ne dépasse pas 20 (voir Pl. 1, fig. 3). Contrairement à l'opinion de MM. Van Wisselingh (2), Grégoire et Wygaerts (3), et conformément à celle de M. Strasburger, nous sommes amenés ainsi à distinguer, dans le réseau nucléaire, deux substances différentes : la linine et la chromatine; les granules qui se colorent en rouge, dans le procédé Flemming, sont, à notre avis, formés de chromatine, tandis que le reste du filament, qui se colore en bleu, est constitué de linine. Il est intéressant de remarquer que le réseau nucléaire est simple au stade prosynapsis chez les deux espèces étudiées ; il en est de même généralement chez les Monocotylédones, d'après les observations de M. Miyake (4), tandis que les Dicotylédones, d'après les récents travaux de M. Overton (5), possèdent à ce stade un filament nucléaire double.

Nous avons mesuré au stade prosynapsis les diamètres des noyaux des cellules-mères du pollen et des noyaux *au stade du repos* (6) des cellules végétatives du parenchyme des étamines. Les nombres que nous indiquons ici, ainsi que tous ceux que nous donnons d'ailleurs dans ce travail relativement aux dimensions des noyaux, des cellules et des plaques nucléaires, ont été obtenus en prenant la moyenne de 25 mesures, chiffre que l'expérience nous a montré être largement suffisant.

---

(1) Jamais nous n'avons observé, comme certains auteurs, ni dans les cellules-mères du pollen, ni dans les cellules végétatives, d'auréole claire complètement hyaline, entourant le nucléole, et due à une contraction de ce dernier au moment de la fixation.

(2) Van Wisselingh : *Ueber das Kerngerüst* (Bot. Zeitg. Jahrg. LVII, 1899).

(3) Grégoire et Wygaerts : *La reconstitution du noyau et la formation des chromosomes dans les cinèses somatiques* (La Cellule, t. XXI, 1903).

(4) Kiichi Miyake : *Ueber Reduktionsteilung, etc.*

(5) Overton : *Ueber Reduktionsteilung*, etc.

(6) Cette remarque s'applique à toutes les mesures effectuées dans ce travail sur les noyaux du parenchyme végétatif des étamines.

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
Diamètres des Noyaux		Diamètres des Noyaux	
végétatifs	reproducteurs	végétatifs	reproducteurs
8,0 μ	12,6 μ	9,1 μ	15,5 μ

La forme des noyaux étant sensiblement sphérique, le rapport des volumes des noyaux végétatifs à ceux des noyaux reproducteurs sera égal au rapport des cubes de leurs diamètres, c'est-à-dire à :

Nymphæa alba

$$\frac{8^3}{12{,}6^3} = \frac{1}{3{,}9}$$

Nuphar luteum

$$\frac{9{,}1^3}{15{,}5^3} = \frac{1}{4{,}9}$$

Les chiffres précédents montrent que les noyaux de *Nuphar luteum* sont plus gros que ceux de *Nymphæa alba*, et que chez les deux espèces les noyaux des cellules mères du pollen ont un volume environ quatre fois plus grand que celui des noyaux végétatifs. Étant donné qu'il a été possible de retarder artificiellement la division nucléaire et d'augmenter ainsi le volume du noyau, il est légitime de penser que des phénomènes analogues se passent naturellement dans le tissu reproducteur de la plante, dont les noyaux, ayant un volume quadruple du volume normal des noyaux végétatifs, seraient vis-à-vis de ces derniers en retard au point de vue de la division nucléaire ; nous sommes ainsi conduits à admettre, ce qui présente une grande importance physiologique, l'existence d'un facteur qui retarde la division nucléaire dans le tissu reproducteur.

Il est également intéressant de mesurer et de comparer entre elles les dimensions des cellules végétatives et celles des cellules-mères du pollen ; la forme polygonale de ces diverses cellules ne permet pas d'en calculer le volume avec la même précision que celui des noyaux, mais, comme seules les valeurs relatives de ces volumes nous intéressent, il est facile de les obtenir en choisissant de part et d'autre des cellules isodiamétriques et en mesurant leur diamètre ; voici les valeurs moyennes des diamètres des cellules reproductrices et des cellules végétatives du parenchyme des étamines ; les cellules mesurées correspondent aux noyaux dont les dimensions ont été indiquées précédemment.

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
Cellules		Cellules	
végétatives	reproductrices	végétatives	reproductrices
20,5 μ	23,2 μ	23,7 μ	27,1 μ

Le rapport du volume des cellules végétatives à celui des cellules reproductrices est donc égal à :

Nymphæa alba

$$\frac{20.5^3}{23,2^3} = \frac{1}{1,4}$$

Nuphar luteum

$$\frac{23,7^3}{27,1^3} = \frac{1}{1,4}$$

Il est facile également de calculer le rapport qui existe entre le volume des noyaux et celui des cellules dans les tissus végétatifs et reproducteurs ; ce rapport est de :

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
Tissu		Tissu	
végétatif	reproducteur	végétatif	reproducteur
1/16	1/6,2	1/17	1/5.3

On voit tout d'abord que les cellules reproductrices et végétatives de *Nuphar luteum* sont plus grandes que les éléments correspondants de *Nymphæa alba* ; nous avions déjà constaté la même relation en ce qui concerne les noyaux des mêmes cellules. Il semble donc exister, quand on compare les mêmes tissus chez les deux espèces un certain rapport entre la grandeur du noyau et celle de la cellule et ce rapport, comme l'indiquent les chiffres précédents, est même assez étroit ; c'est là un fait que nous signalons ici une fois pour toutes, mais que l'on pourra observer d'une manière générale au cours de ce travail.

On voit aussi que l'augmentation de volume (4 à 5) du noyau dans le tissu reproducteur est suivie, mais dans de moindres proportions (1,4/1), de l'agrandissement de la cellule, et qu'il se produit ainsi dans les cellules-mères du pollen une accumulation considérable de substance nucléaire. Des faits analogues ont été signalés par M. Gerassimow (1) chez les Spirogyres : si l'on fait augmenter chez ces algues le volume du noyau, on constate également un accroissement de la cellule.

En résumé, des mesures qui précèdent, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Pendant le stade *prosynapsis*, les noyaux des cellules mères du pollen s'accroissent et deviennent quatre ou cinq fois plus gros que les noyaux végétatifs.

---

(1) Gerassimow, *loc. cit.*

2° Cette augmentation de la masse nucléaire est accompagnée d'un accroissement correspondant mais relativement beaucoup plus faible des cellules reproductrices.

3° L'accroissement de volume des noyaux des cellules-mères du pollen peut être considéré comme résultant d'un retard dans la division nucléaire.

2e STADE : SYNAPSIS. — La paroi de l'anthère de *Nymphæa alba* est sensiblement au même état de développement qu'au stade précédent, sauf les cellules de l'assise nourricière, qui sont, pour la plupart, pourvues de deux noyaux et commencent à se désorganiser. Les cellules-mères du pollen forment encore un massif compact, mais leurs parois commencent à se séparer aux angles, où l'on distingue entre elles de petits méats. Le cytoplasme conserve la même constitution, mais les granules qu'il renferme paraissent moins nombreux.

Le noyau est encore nettement distinct du protoplasme, mais son contour est un peu irrégulier, légèrement sinueux, sans doute par suite d'une diminution de la turgescence intérieure. Le réseau nucléaire s'est réuni en un point excentrique de la cavité et s'est condensé en une masse spongieuse, où l'on ne peut distinguer nettement ni filament, ni corpuscules, enserrant étroitement le nucléole, dont la forme n'a pas varié. Parfois, ce dernier est légèrement distant de la masse lino-chromatique, mais il lui est alors relié par une sorte de petit prolongement présentant la même coloration que le nucléole même (voir Pl. 1, fig. 4).

Chez le *Nuphar luteum*, l'aspect des cellules mères du pollen est, à ce stade, tout-à-fait semblable à celui que nous venons de décrire chez le *Nymphæa alba*, sauf les granules de chromatine colorés en rouge, qui demeurent toujours distincts, même lorsque tout le réseau s'est condensé contre la paroi du noyau. Ils semblent alors former des masses moins nombreuses, mais plus grosses, qui résultent probablement de la fusion de deux ou plusieurs granules en un seul (voir Pl. 1, fig. 5).

Entre les stades prosynapsis et synapsis, on observe chez les deux espèces toutes les transitions. Dans le *Nymphæa alba*, on voit le réseau nucléaire abandonner progressivement une partie de plus en plus grande de la paroi. Au début, on distingue encore très nettement les granules de chromatine qu'il présente, mais, à mesure que le réseau abandonne une partie plus considérable de la cavité nucléaire, il prend un aspect plus compact, et les granules deviennent peu distincts. Dans le *Nuphar luteum*, les phénomènes se passent de même, sauf que les granules, à cause de leur grosseur et de leur coloration rouge bien nette, restent encore visibles au stade synapsis, comme il a été dit plus haut.

Chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones, d'après les travaux déjà cités de MM. Miyake (1) et Overton (2), le stade synapsis présente les mêmes caractères généraux : concentration du réseau nucléaire en un point de la paroi du noyau, et fusion deux par deux des corpuscules chromatiques (prochromosomes) ; ces corpuscules s'organiseraient ensuite, à l'aide de la linine, pour former le filament plus épais du stade suivant du spirème.

L'existence de ces corpuscules chromatiques au stade synapsis, ainsi que leur copulation, n'ont pas été observées par MM. Grégoire (3) et Berghs (4). Suivant ces auteurs, le réseau concentré contre la paroi nucléaire garderait au stade synapsis la structure filamenteuse, et ses filaments, s'accolant étroitement deux à deux, formeraient ainsi le filament plus épais du futur spirème.

A ce point de vue, nos observations se rapprochent de celles de MM. Miyake et Overton ; chez le *Nuphar luteum* en particulier, nous avons vu nettement au stade synapsis des masses chromatiques rouges tranchant sur la coloration bleue de la masse spongieuse de linine qui les entoure ; et, à aucun moment, nous n'avons observé, chez les deux espèces, l'accolement des filaments deux par deux signalé par MM. Grégoire et Berghs.

Si, maintenant, nous mesurons, de même que précédemment, les dimensions, au stade synapsis, des noyaux et des cellules-mères du pollen, ainsi que celles des éléments du parenchyme des sacs polliniques, nous obtenons les chiffres suivants :

---

(1) Kiichi Miyake, *loc. cit.*

(2) James Bertram Overton, *loc. cit.*

(3) Grégoire : *La réduction numérique et les cinèses de maturation* (La Cellule, t. XXI, 1904).

(4) J. Berghs : *La formation des chromosomes hétérotypiques dans la sporogénèse végétale* (La Cellule, 1904).

Nymphæa alba

Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
8,2 µ	16,7 µ	26,1 µ	29,2 µ

Nuphar luteum

Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
8.7 µ	20.6 µ	29.2 µ	33,3 µ

Comparons maintenant les diamètres moyens des mêmes éléments aux stades prosynapsis et synapsis :

Nymphæa alba

	Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
	végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
Prosynapsis	8.0 µ	12,6 µ	20,5 µ	23,2 µ
Synapsis	8,2 µ	16,7 µ	26,1 µ	29,2 µ

Nuphar luteum

Prosynapsis	9.1 µ	15,5 µ	23,7 µ	27,1 µ
Synapsis	8,7 µ	20,6 µ	29,2 µ	33,3 µ

Si l'on calcule, à l'aide de ces données, les rapports des volumes des mêmes éléments aux stades prosynapsis et synapsis, on obtient les nombres suivants :

	Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
Rapport des volumes des noyaux reproducteurs au stade prosynapsis à ceux des mêmes éléments pris au stade synapsis :	1/2,3	1/2,3
Même rapport pour les volumes des cellules reproductrices :	1/1,9	1/1,8
Rapport des volumes des noyaux végétatifs au stade prosynapsis à ceux des mêmes éléments pris au stade synapsis (1) :	1/1,0	1,1/1
Même rapport pour les volumes des cellules végétatives :	1/2	1/1,8

---

(1) Il s'agit de la comparaison des noyaux végétatifs au repos appartenant à des étamines dont les noyaux reproducteurs sont au stade prosynapsis aux mêmes noyaux pris dans les étamines, dont les noyaux reproducteurs sont au stade synapsis.

Rapport des volumes des noyaux végétatifs à ceux des noyaux reproducteurs :		
Prosynapsis	1/3,9	1/4,9
Synapsis	1/8,4	1/13
Rapport des volumes des cellules végétatives à ceux des cellules reproductrices :		
Prosynapsis	1/1,4	1/1,4
Synapsis	1/1,4	1/1,4
Rapport des volumes des noyaux à ceux des cellules dans le tissu végétatif :		
Prosynapsis	1/16	1/17
Synapsis	1/32	1/37
Rapport des volumes des noyaux à ceux des cellules dans le tissu reproducteur :		
Prosynapsis	1/6,2	1/5,3
Synapsis	1/5,3	1/4,2

On voit que dans le tissu végétatif les noyaux ont conservé les mêmes dimensions tandis que les cellules se sont accrues environ du double tout en gardant un volume moindre que les cellules reproductrices. Ces dernières se sont développées également, mais relativement moins que leurs propres noyaux ; il en résulte donc une nouvelle accumulation de la masse nucléaire par rapport à la masse cellulaire. Dans l'accroissement de la masse nucléaire des noyaux reproducteurs, il est nécessaire d'envisager séparément l'augmentation du suc nucléaire et celle de la masse lino-chromatique, y compris le nucléole. L'observation microscopique est suffisante pour constater que les nucléoles des noyaux reproducteurs sont beaucoup plus volumineux que ceux des noyaux végétatifs. Il est difficile d'apprécier les quantités de linine et de chromatine au stade prosynapsis ; mais, au stade synapsis, la masse lino-chromatique prenant souvent une forme sensiblement sphérique, on peut, en l'assimilant complètement à une sphère, mesurer son volume avec une précision suffisante.

Voici les chiffres obtenus pour les diamètres des nucléoles et des masses lino-chromatiques pendant le stade synapsis :

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
Nucléole	Masse lino-chromatique	Nucléole	Masse lino-chromatique
3,6 μ	4,2 μ	4,0 μ	4,4 μ

Remarquons en passant que les rapports du volume du nucléole à celui de la masse lino-chromatique sont assez voisins chez les deux espèces : $\frac{1}{1,5}$ pour le *Nymphæa alba* et $\frac{1}{1,3}$ pour le *Nuphar luteum.*

Si nous évaluons maintenant le rapport du volume de la masse lino-chromatique à celui des noyaux reproducteurs et végétatifs pris au stade synapsis, nous obtenons les nombres suivants :

	Noyaux reproducteurs	Noyaux végétatifs
Nymphæa alba	1/62	1/7,4
Nuphar luteum.	1/100	1/7,7

Ces chiffres montrent que, pendant le stade synapsis, la masse lino-chromatique n'occupe, dans les noyaux reproducteurs, qu'une petite partie de la cavité nucléaire, mais qu'en revanche elle possède un volume très appréciable par rapport à celui des noyaux végétatifs.

Ce fait, joint à la grosseur des nucléoles dans les noyaux reproducteurs, nous conduit à penser que l'accroissement général de la masse nucléaire dans les cellules reproductrices se fait, non-seulement par l'augmentation du suc nucléaire et du nucléole, mais aussi par celle de la masse lino-chromatique. Cette hypothèse sera vérifiée d'ailleurs directement plus tard par la mesure des plaques nucléaires de la première cinèse pollinique.

Il est possible alors de déduire de ces résultats une conception assez vraisemblable du mécanisme du stade synapsis. L'accroissement de volume du noyau se ferait au début à la fois par l'augmentation du suc nucléaire, du nucléole et de la masse lino-chromatique, disposée toujours à la périphérie du noyau. Il est très probable qu'à un moment donné cette masse, ainsi que le nucléole, cesseraient de s'accroître, et que l'augmentation du suc nucléaire persistant, déterminerait une tension intérieure si grande qu'elle provoquerait la rupture de la membrane nucléaire ; il en résulterait une diminution brusque de la turgescence interne du noyau, qui entraînerait sans doute la contraction de la masse lino-chromatique autour du nucléole, auquel elle était d'ailleurs rattachée par des filaments du réseau ; la membrane nucléaire, n'étant plus tendue par une forte pression interne, s'affaisserait, et son contour prendrait ainsi la forme irrégulière et sinueuse que nous avons signalée, et qui donne au noyau un aspect général rappelant dans une certaine mesure les figures de plasmolyse. On peut résumer brièvement, comme il suit, les résultats qui découlent des mesures effectuées au stade synapsis :

1° Le passage du stade prosynapsis au stade synapsis est caractérisé dans le noyau reproducteur par une nouvelle augmentation de volume, qui détermine une accumulation considérable de la masse nucléaire par rapport à la masse cellulaire.

2° L'accroissement général du noyau reproducteur résulte de l'augmentation du suc nucléaire et des masses nucléolaires et lino-chromatiques.

3° Cet accroissement est toujours suivi d'un développement correspondant de la cellule-mère du pollen, mais qui se fait plus lentement.

3° Stade : Spirème. — La paroi de l'anthère de *Nymphæa alba* présente le même état de développement qu'au stade précédent ; les cellules-mères du pollen forment encore un massif, mais leurs contours sont arrondis aux angles où les méats sont plus développés ; leur cytoplasme est formé d'un réseau à mailles plus larges. A l'intérieur du noyau, on trouve le nucléole arrondi, occupant généralement une position excentrique, et le filament nucléaire disposé en un spirème formé d'un chapelet de granules de chromatine fortement colorés en bleu-violet (dans le procédé Flemming), réunis par de la linine de teinte nettement plus pâle. Le spirème occupe en général la plus grande partie de la cavité du noyau, mais laisse presque toujours une petite partie vide. Le nucléole est toujours en liaison intime avec le filament nucléaire. Le noyau est toujours situé au milieu du cytoplasme, mais sa paroi, qui ne pouvait en être bien distinguée aux stades précédents, se détache ici de la manière la plus nette (voir Pl. 1, fig. 7). Chez le *Nuphar luteum*, les cellules-mères du pollen présentent un état de dissociation beaucoup plus avancé que dans le *Nymphæa alba ;* on les trouve, soit isolées, soit réunies par petits groupes, au milieu de la cavité du sac pollinique. Le noyau renferme à son intérieur, disposé excentriquement, un nucléole volumineux, très souvent étranglé en son milieu. La cavité nucléaire est remplie en totalité par le spirème formé de granules de chromatine réunis par de la linine. La membrane nucléaire est aussi bien différenciée que dans le *Nymphæa alba*, mais elle ne se voit aussi nettement que dans certaines cellules où le noyau semble ne pas occuper complètement la cavité délimitée autour de lui par le réseau cytoplasmique, mais laisser un certain espace vide entre sa paroi et les premières mailles du cytoplasme (voir Pl. 1, fig. 8 et 9). Le stade du spirème a été observé chez le *Nymphæa alba* par M. Guignard (1), qui, dans sa description, le considère comme correspondant au stade du repos. Entre ce stade et le précédent, on observe des transitions : la masse lino-chromatique perd son aspect spongieux pour s'organiser en un filament bien enchevêtré, occupant le même emplacement dans la cavité nucléaire ; ce filament est teinté de violet et porte à sa surface de petits granules (voir Pl. 1, fig. 6). Plus tard, le filament devient plus gros, moins ramassé sur lui-même, occupe une partie de plus en plus grande du noyau, et l'on arrive au stade du spirème.

Le stade du spirème se présente d'après les travaux de Miyake (2) et d'Overton (3) d'une manière un peu différente chez les Monocotylédones et chez les Dicotylédones. Chez les premières, le spirème est, en général, simple au début, formé d'un filament de linine renfermant des granules de chromatine ; puis il se dédouble longitudinalement et se divise transversalement en plusieurs tronçons formant autant de chromosomes doubles. Chez les Dicotylédones, il apparaît, dès l'origine, double, formé de deux filaments enroulés généralement l'un sur l'autre. Chez le *Nymphæa alba* et le *Nuphar luteum* les phénomènes sont très différents en ce que l'on n'observe ni dédoublement longitudinal ni division transversale du spirème ; de plus, les chromosomes se forment d'une manière toute spéciale, que nous décrivons plus loin.

Nous avons mesuré, de même qu'aux stades précédents, les diamètres des noyaux et des cellules dans les tissus végétatifs et reproducteurs, Voici les dimensions obtenues pour ces éléments :

Nymphæa alba

Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
8,1 μ	14,8 μ	29,0 μ	31,4 μ

Nuphar luteum

Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
8,9 μ	15,8 μ	30,5 μ	32,3 μ

---

(1) Guignard, *loc. cit.*

(2) Miyake, *loc. cit.*

(3) Overton, *loc. cit.*

Si nous comparons maintenant les diamètres moyens des mêmes éléments aux stades spirème et synapsis, nous obtenons le tableau suivant :

	Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
	végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
Nymphæa alba				
Synapsis	8,2 µ	16,7 µ	26,1 µ	29,2 µ
Spirème	8,1 µ	14,8 µ	29,0 µ	31,4 µ
Nuphar luteum				
Synapsis	8,7 µ	20,6 µ	29,2 µ	33,3 µ
Spirème	8,9 µ	15,8 µ	30,5 µ	32,3 µ

Les rapports des volumes de ces divers éléments mesurés au stade spirème et au stade synapsis sont de même :

	Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
Rapport des volumes des noyaux reproducteurs mesurés au stade synapsis à ceux des mêmes éléments pris au stade spirème :	1,4/1	2,2/1
Le même rapport pour les cellules reproductrices :	1/1,2	1,1/1
Rapport des volumes des noyaux végétatifs mesurés au stade synapsis à ceux des mêmes éléments pris au stade du spirème (1) :	1,0/1	1/1,0
Même rapport pour les cellules végétatives :	1/1,3	1/1,1
Rapport des volumes des noyaux végétatifs à ceux des noyaux reproducteurs :		
Synapsis	1/8,4	1/13
Spirème	1/6	1/5,5
Rapport des volumes des cellules végétatives à ceux des cellules reproductrices :		
Synapsis	1/1,4	1/1,4
Spirème	1/1,2	1/1,1
Rapport du volume du noyau à celui de la cellule dans le tissu végétatif :		
Synapsis	1/32	1/37
Spirème	1/45	1/40
Le même rapport pour le tissu reproducteur :		
Synapsis	1/5,3	1/4,2
Spirème	1/9,5	1/8,5

On voit que dans le tissu végétatif les noyaux ont conservé les mêmes dimensions tandis que les cellules se sont très légèrement accrues. Dans le tissu reproducteur les chiffres montrent qu'il se produit pendant le passage du synapsis au spirème une diminution considérable des noyaux qui ne sont plus chez les deux espèces que six fois plus volumineux que les noyaux végétatifs.

---

(1) Il y a lieu de faire ici la même remarque que plus haut (page 410).

Remarquons que le phénomène est le plus accentué chez le *Nuphar luteum*, dont les noyaux s'étaient, au contraire, le plus fortement accrus pendant le passage du stade prosynapsis au stade synapsis. Les cellules-mères ont gardé sensiblement les mêmes dimensions et restent toujours plus grosses que les cellules végétatives, mais dans une proportion moindre qu'au stade synapsis. Le rapport du volume du noyau à celui de la cellule est devenu deux fois plus faible dans le tissu reproducteur par suite de la décroissance de volume du noyau, l'accumulation relative de masse nucléaire est donc moins accentuée qu'au stade synapsis.

Si nous calculons les rapports des volumes des noyaux reproducteurs du *Nuphar luteum* à ceux du *Nymphæa alba* aux stades du synapsis et du spirème, nous obtenons les nombres suivants :

Synapsis	Spirème
$\frac{1{,}8}{1}$	$\frac{1{,}2}{1}$

Le rapport des masses lino-chromatiques et nucléolaires correspondantes chez les deux espèces est de $\frac{1{,}2}{1}$ au stade synapsis. Si l'on admet, ce qui paraît probable, que ces masses restent sensiblement les mêmes au stade du spirème, leur rapport gardera la même valeur et sera, par suite, égal au rapport $\frac{1{,}2}{1}$ des volumes des noyaux reproducteurs pris au même stade. Il en résulte cette conséquence qu'au stade du spirème les noyaux de *Nuphar luteum* et de *Nymphæa alba* renferment sensiblement les mêmes proportions de suc nucléaire et de masse nucléolaire et lino-chromatique, tandis qu'au stade synapsis ces proportions sont très différentes ; à ce stade, en effet, ainsi qu'on le calcule aisément, les masses nucléolaires et lino-chromatiques réunies occupent la $\frac{1}{58}^{e}$ partie du noyau dans le *Nuphar luteum*, tandis qu'elles en occupent le $\frac{1}{37}^{e}$ partie chez le *Nymphæa alba*, ce que l'on peut encore exprimer en disant qu'au stade synapsis la proportion de suc nucléaire est beaucoup plus grande dans les noyaux du *Nuphar luteum* que dans ceux de *Nymphæa alba*.

En résumé, on voit que le stade du spirème ramène avec lui dans les noyaux reproducteurs de *Nymphæa alba* et de *Nuphar luteum* :

1° Un rapport égal chez les deux espèces du noyau reproducteur au noyau végétatif ;

2° Une proportion relative égale chez les deux espèces de suc nucléaire et de masses nucléolaires et lino-chromatiques ;

3° Une membrane nucléaire bien différenciée.

Le stade du spirème peut donc être considéré comme correspondant à une sorte de rétablissement de l'état d'équilibre du noyau qui, sur ces trois points, avait été troublé pendant le stade synapsis par l'accumulation de suc nucléaire.

On peut résumer ainsi les résultats de ces mesures et de ces comparaisons :

1° Le stade du spirème est caractérisé par une diminution sensible du volume des noyaux reproducteurs ; ces noyaux ne sont plus que 6 fois plus gros que les noyaux végétatifs.

2° Cette diminution de volume correspond à une sorte de rétablissement de l'équilibre du noyau au point de vue des proportions relatives du suc nucléaire et des masses nucléolaires et lino-chromatiques, cette reconstitution du noyau a sa traduction morphologique dans l'apparition d'une membrane nucléaire bien différenciée.

4e Stade : Formation des Chromosomes. — Les cellules-mères du pollen de *Nymphæa alba*, dont la dissociation était ébauchée aux stades précédents, présentent maintenant des contours arrondis et sont isolées les unes des autres au milieu du sac pollinique ; leur séparation se fait donc de très bonne heure, avant la division de la cellule, comme le fait a lieu généralement chez la plupart des Monocotylédones. Le protoplasme de ces cellules comprend une zone périphérique claire, contiguë à la membrane, et traversée seulement par quelques filaments du réseau cytoplasmique, qui occupe tout le reste de la cavité cellulaire, à l'exception de l'emplacement du noyau. Ce dernier présente une paroi bien différenciée se détachant parfois très nettement du réseau cytoplasmique ; à son intérieur on aperçoit le nucléole arrondi et, çà et là, un certain nombre de corpuscules de chromatine réunis en petits groupes et fortement colorés en rouge. Ces petits amas de chromatine sont reliés les uns aux autres par des filaments de linine à peine teintés de violet et entourés eux-mêmes de cette substance.

Ce stade semble dériver du spirème, par concentration de la chromatine et de la linine en certains points, où se forment les petits groupes de corpuscules chromatiques précédents (voir Pl. 1, fig. 10 et 12). Au début de ce phénomène, les filaments lino-chromatiques sont encore assez gros et assez nombreux, pour que l'on puisse reconnaître en eux les anciens filaments du spirème, puis ils s'amincissent et se colorent en même temps avec moins d'intensité ; pendant toute cette période, on distingue encore nettement les anastomoses, qui les réunissent au nucléole (Pl. 1, fig. 10). Un peu plus tard, les filaments de linine se réduisent encore davantage, tandis que les corpuscules chromatiques deviennent plus gros, plus compacts, et moins nombreux, dans les petits amas qui sont disposés, de leur côté, avec une plus grande régularité, à la périphérie de la cavité nucléaire ; enfin les amas de chromatine prennent encore un aspect plus dense, perdent entièrement l'auréole de linine, qui les entourait, et à cet état constituent les chromosomes.

Les stades correspondants présentent, chez le *Nuphar luteum*, les mêmes caractères (voir Pl. 1, fig. 11 et 13). La forme des chromosomes est assez variable à ce stade qui précède immédiatement la formation du fuseau (voir Pl. 1, fig. 13).

La formation des chromosomes a été observée par M. Guignard chez les deux espèces étudiées et par M. Strasburger chez le *Nymphæa alba*. D'après M. Guignard, chacun des chromosomes est constitué dans sa forme définitive, par une tétrade de quatre petits globules ; M. Strasburger, au contraire explique cet aspect, ainsi que la forme quadrangulaire que présentent souvent les chromosomes, par l'accolement de deux chromosomes simples un peu allongés, dont les extrémités parfois séparées et arrondies donneraient l'impression de globules distincts. Des tétrades analogues à celles décrites par M. Guignard ont été signalées par divers auteurs et notamment par M. Calkins (1) dans le *Pteris*, M. Osterhout dans l'*Equisetum* (2) ; M. Grégoire (3), dans un mémoire récent des plus importants, fait la critique générale de ces observations ; il conclut que ce sont de fausses tétrades, et que les chromosomes, chez les végétaux cités, sont des chromosomes doubles, présentant la même constitution que ceux des autres plantes. L'apparence en tétrades est due, suivant ce savant cytologiste, à deux causes : 1° les chromosomes manifestent souvent une tendance à se condenser davantage à leurs extrémités, qui se colorent avec plus d'intensité et se renflent quelque peu ; 2° les deux branches d'un chromosome sont rarement droites ; le plus souvent elles sont courbes et affectent une forme de vibrion, il en résulte que les quatre extrémités chromosomiques, surtout dans les chromosomes en X, arrivent à se trouver sur un même plan, différent de celui où se trouvent les parties médianes ; l'aspect tétrade apparaîtrait ainsi nettement à un certain niveau de l'installation microscopique.

---

(1) Calkins : *Chromatinreduction and tetradformation in Pteridophytes* (Bull. Torrey bot. Club. t. 24, 1897).

(2) Osterhout : *Ueber Entstehung der karyokinetischen Spindel bei Equisetum* (Jahrb. f. wiss. Bot. B. 30, 1897).

(3) Grégoire : *Les résultats acquis sur les cinèses de maturation dans les deux règnes* (La Cellule, 1905).

D'après nos observations personnelles, la forme des chromosomes définitifs est, chez l'une et l'autre espèce, des plus variables ; on rencontre assez souvent des formes plus ou moins quadrangulaires ressemblant à des tétrades, mais on en trouve aussi d'autres allongées, irrégulières, ou plus ou moins arrondies. La petitesse des chromosomes ne permet pas de juger exactement de leur constitution, de compter les corpuscules dont ils se composent, et de reconnaître s'ils sont formés par l'association de deux chromosomes simples ; si l'on s'en tient à l'observation microscopique pure et simple, indépendamment de toute interprétation ou d'idée théorique, on peut dire que les chromosomes sont composés de plusieurs petits corps, dont le nombre ne paraît pas constant.

Nous n'avons pas essayé de déterminer, chez le *Nymphæa alba*, le nombre exact de ces chromosomes ; la grande différence, entre les chiffres donnés par M. Guignard (32) et par M. Strasburger (48), est la meilleure preuve des difficultés que présente un pareil calcul, et des erreurs qui peuvent être commises dans cette évaluation. Chez le *Nuphar luteum*, où les chromosomes sont plus gros et moins nombreux, nous avons pu en déterminer le nombre d'une manière très sûre, sur les coupes transversales de la plaque équatoriale de la première division ; nous l'avons toujours trouvé égal à 17, au lieu du chiffre 16 indiqué par M. Guignard (1).

---

(1) Guignard : *loc. cit.*

Si l'on compare le mode de formation des chromosomes chez les espèces étudiées, à celui qui a été décrit chez les autres plantes Monocotylédones ou Dicotylédones, par les travaux connus de nombreux cytologistes, on voit qu'il en diffère profondément : dans presque toutes les espèces, en effet, les chromosomes doubles se forment par segmentation transversale du spirème dédoublé. Peu d'exceptions ont été signalées à cette règle ; il convient cependant de mentionner le *Magnolia*, où la formation des chromosomes, étudiée par Andrews (1), se fait par concentration de la chromatine en des points déterminés du noyau, et n'est pas sans présenter quelque analogie avec celle que nous avons décrite chez les Nymphéacées.

Les dimensions des noyaux et des cellules varient peu pendant la formation des chromosomes, comme le montre l'examen du tableau comparatif suivant :

Nymphæa alba

	Diamètres des Noyaux		Diamètres des Cellules	
	végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
Spirème	8,1 μ	14,8 μ	29 0 μ	31,4 μ
Formation des chromosomes	8,0 μ	15,0 μ	29,3 μ	30,1 μ

Nuphar luteum

Spirème	8,9 μ	15,8 μ	30,5 μ	32,3 μ
Formation des chromosomes	9,1 μ	16,1 μ	31,7 μ	32,9 μ

En résumé, les principales conclusions que l'on peut tirer de l'étude de ce stade sont les suivantes :

1° La dissociation des cellules-mères du pollen s'effectue de bonne heure chez les deux espèces comme chez la plupart des Monocotylédones ;

2° Les chromosomes se forment par concentration de la chromatine en certains points du spirème ;

3° Les chromosomes définitifs possèdent des formes diverses et paraissent constitués par l'accolement de petits corps, dont le nombre varie d'un chromosome à l'autre.

---

(1) Andrews : *Karyokinesis in Magnolia and Liriodendron*. (Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. XI 1902.

5e STADE: FORMATION DU FUSEAU. — La constitution définitive des chromosomes dans les noyaux des cellules-mères du pollen est suivie rapidement chez les deux espèces de la formation du fuseau.

A ce stade, l'aspect général de la cellule-mère du pollen de *Nymphæa alba* est sensiblement le même qu'au stade précédent, mais la membrane a augmenté légèrement d'épaisseur, et le noyau est rejeté entièrement d'un côté de la cellule. La membrane nucléaire est bien différenciée, et se détache nettement du réseau cytoplasmique, dont elle est séparée par un espace hyalin ; elle présente un contour un peu irrégulier, affaissé çà et là, témoignant d'une faible turgescence intérieure.

Les différents stades de la formation du fuseau se présentent de la manière la plus nette. Au début, on voit apparaître de très fines fibrilles, colorées en violet, et formant autour du noyau une sorte de ceinture, située juste à la limite de séparation de la zone hyaline et du réseau cytoplasmique. Cette ceinture, composée au début de fibrilles courtes, présente bientôt un certain nombre d'émergences, suivant lesquelles les fibrilles s'allongent et se développent, en formant autant de masses coniques, qui traversent finament le réseau cytoplasmique, pour venir se terminer dans la zone claire périphérique du cytoplasme, ou même dans la couche membraneuse de ce dernier.

Ces cônes fibrillaires sont entièrement distincts du réseau cytoplasmique, jusque sur leurs bords, et, malgré le grand nombre de coupes formant une série complète que nous avons examinées, nous n'avons pu observer aucun stade de passage, qui permît de penser que ces cônes puissent provenir d'une orientation graduelle des filaments du réseau cytoplasmique, comme M. Berghs (1) l'a observé dans le *Paris quadrifolia*. L'observation, au microscope, des coupes colorées au triple colorant de Flemming, donne plutôt l'impression que ces cônes fibrillaires proviendraient de la transformation d'une substance qui émanerait du noyau, et en diffuserait suivant les directions correspondantes (voir Pl. 1, fig. 14 et 15 et Pl. 2, fig. 16).

---

(1) J. Berghs : *Le faisceau hétérotypique* de Paris quadrifolia. (La Cellule 1905).

Pendant toute cette période, la membrane nucléaire persiste, ce qui permet de mesurer encore exactement le diamètre du noyau que nous avons trouvée égal à 11,8 μ chez le *Nymphæa alba.*

Si nous calculons chez cette espèce le rapport du volume que possède le noyau, au moment de la formation des chromosomes, à celui qu'il présente, avant la disparition complète de la membrane nucléaire, nous trouvons 1/2, chiffre qui montre que le volume du noyau diminue de moitié pendant cette période de la formation du fuseau. Cette constatation nous conduit à penser que ce dernier se forme aux dépens de la substance nucléaire et probablement de la linine, qui, depuis le début de la formation des chromosomes, disparait peu à peu.

A ce point de vue, nous sommes en désaccord, non seulement avec l'opinion émise récemment par M. Berghs (1), mais encore avec les idées généralement admises au sujet de la formation du fuseau, et introduite dans la science par M. Strasburger. D'après ce savant, le fuseau est formé par la partie active du cytoplasme qu'il appelle le *Kinoplasme.* Cette substance présente, en général, une structure fibrillaire et une coloration violette dans les coupes traitées suivant le procédé de Flemming et peut être ainsi facilement distinguée aux différents stades de la division nucléaire. Les observations morphologiques, sur lesquelles est basée l'existence du kinoplasme, sont assez nombreuses, et, entr'autres faits, on peut citer l'apparition autour du noyau de la zone hyaline, que nous avons signalée avant la formation du fuseau, ainsi que la structure fibrillaire qu'elle prend ensuite à la périphérie du réseau cytoplasmique. Or, les mesures, que nous avons effectuées, fournissent une explication très naturelle de la formation de cette zone hyaline ; ce n'est pas à l'activité spéciale d'une partie hypothétique du cytoplasme qu'il faut l'attribuer, mais tout simplement à la diminution de volume du noyau. Cette diminution ne peut s'expliquer que par la diffusion, hors du noyau, d'une partie de la substance nucléaire, et, comme d'autre part, nous avons vu la substance linique se réduire dès la formation des chromosomes, et devenir de moins en moins colorée et abondante, il est naturel de supposer que c'est cette substance qui se modifie chimiquement, et devient susceptible de traverser la membrane nucléaire, pour venir former par une nouvelle transformation les fibrilles du fuseau. Celles-ci apparaissent d'abord dans les parties éloignées du centre du noyau, sur l'ancien emplacement de la membrane nucléaire, puis se développent et s'accroissent suivant certaines directions en formant les cônes fibrillaires traversant le réseau cytoplasmique, que nous avons décrits. Dans cette interprétation des faits, la différenciation du fuseau se ferait d'une manière en quelque sorte centrifuge, et non centripète, comme on la décrit généralement. Les pôles du fuseau ne seraient pas des centres spéciaux, d'où les fibrilles kinoplasmiques se répandent pour envelopper le noyau et pénétrer ensuite dans ce dernier, mais simplement les extrémités des bourgeons liniques, qui pénètrent dans le cytoplasme sous la poussée de nouvelles masses émanant du noyau.

---

(1) **Berghs** : *loc. cit.*

Au moment où les faisceaux fibrillaires sont bien développés et où les extrémités de quelques-uns d'entre eux ont déjà atteint la couche membraneuse du cytoplasme, il apparaît dans la cavité nucléaire de fines et courtes fibrilles, qui la traversent dans tous les sens, et sont parfois disposées en masses coniques (voir Pl. 2, fig. 17); en même temps disparaissent complètement les faibles restes de substance linique qui subsistaient encore dans le noyau. Peu après la membrane nucléaire disparaît à son tour et l'emplacement du noyau se trouve occupé par un fuseau multipolaire irrégulier (voir Pl. 2, fig. 18).

Pendant que ces divers phénomènes se passent, le nucléole diminue de plus en plus, tout en restant en contact intime avec quelques-uns des chromosomes (voir Pl. 1, fig. 14, Pl. 2, fig. 16, 17), jusqu'à disparaître entièrement en même temps que la membrane nucléaire. Cependant, dans certaines coupes, on peut encore observer un nucléole extrêmement réduit au milieu des fibrilles du fuseau multipolaire. Cette diminution progressive du nucléole, coïncidant avec la formation du fuseau, vient à l'appui de l'opinion admise par M. Strasburger et d'autres cytologistes, que le nucléole est utilisé pour cette formation. Si l'on admet cette hypothèse, qui est en parfait accord avec nos observations, on voit que la substance fibrillaire serait ainsi un mélange de la substance du nucléole et de la substance linique.

De leur côté, les chromosomes restent pendant toute cette période répartis à la périphérie de la cavité nucléaire, en prenant un contour plus ou moins arrondi. Souvent même au stade du fuseau multipolaire, alors que la membrane a disparu, on peut encore retrouver au milieu du fuseau les anciens contours du noyau, grâce à la distribution des chromosomes (voir Pl. 2, fig. 19). Le fuseau multipolaire ne se transforme pas immédiatement pour former le fuseau bipolaire définitif; entre ces deux stades, on trouve un état intermédiaire, représenté par un fuseau bipolaire, mais très large et constitué de fibrilles courtes et peu épaisses. Cette forme de passage est également facile à reconnaître à la position des chromosomes, qui sont alors disposés au voisinage, de part et d'autre, de l'équateur du fuseau, sans former une plaque équatoriale régulière (voir Pl. 2, fig. 20).

Le fuseau définitif est plus mince, plus allongé et composé de longues fibrilles; les sommets du fuseau sont souvent courbés et finissent, soit dans la zone claire cytoplasmique périphérique, soit même dans la couche membraneuse du cytoplasme (voir Pl. 2, fig. 21 et 22).

Les stades correspondants à ceux que nous venons de décrire présentent chez le *Nuphar luteum* des caractères très analogues. La principale différence consiste dans ce fait que, chez cette espèce, le noyau et, par suite, le fuseau restent au centre de la cellule, au lieu d'être rejetés sur l'un des côtés. La dissolution de la membrane nucléaire se produit plus rapidement que chez le *Nymphæa alba*, et, en général, tous les stades de transition sont moins nettement visibles que chez cette espèce. Le fuseau bipolaire définitif a son axe droit (voir Pl. 2, fig. 23).

Le stade que nous venons de décrire a été observé par M. Guignard (1) et par M. Strasburger (2) chez le *Nymphæa alba*. M. Guignard a signalé aux sommets des fuseaux multipolaires, ainsi que des fuseaux bipolaires, des corpuscules différenciés, qui joueraient un rôle analogue à celui des centrosomes. L'existence de ces corpuscules chez le *Nymphæa alba* est, au contraire, contestée par M. Strasburger, et les observations de ce savant ont été confirmées ultérieurement par celles de M. Kœrnicke (1). Nos observations personnelles confirment l'opinion de MM. Strasburger et Kœrnicke : nous n'avons pas trouvé aux sommets des fuseaux de corpuscules spéciaux se colorant plus fortement ; chez le *Nymphæa alba,* il est facile de voir assez souvent l'extrémité du fuseau venir s'appuyer contre la couche membraneuse du cytoplasme, comme le fait a déjà été constaté par M. Strasburger.

---

(1) **Guignard** : *loc. cit.*

(2) **Strasburger** : *loc. cit.*

Les conclusions principales qui découlent de cette étude de la formation du fuseau sont les suivantes : 1° Pendant la période qui s'étend depuis la formation des chromosomes définitifs jusqu'à la disparition de la membrane nucléaire, le volume du noyau diminue de moitié ; cette contraction entraîne la formation autour du noyau même d'une zone hyaline le séparant du réseau cytoplasmique ; 2° Il est probable que le fuseau tout entier se constitue aux dépens de la substance nucléaire (linine et nucléole) exclusivement, sans que le cytoplasme prenne une part quelconque à sa constitution.

---

(1) Kœrnicke, *loc. cit.*

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX

SUR LES CHAMPIGNONS

PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES

parus de 1898 à 1906 *(Suite)*

4° **Mucorinées.** — L'étude cytologique des phénomènes sexuels dans les Mucorinées n'a pas fait de grands progrès dans ces dernières années. La petitesse des éléments nucléaires, les complications de technique dues à la présence d'une membrane épaissie sur les filaments copulateurs et sur les œufs, ont détourné, semble-t-il, les travailleurs de ces recherches difficiles. Au sujet des phénomènes intimes de la fécondation chez les Mucorinées, on en est resté aux résultats de **Léger** (1895) et de **Istvanffi** (1895), et encore ces résultats sont contestés aujourd'hui, au moins en partie.

C'est ce qui ressort d'un travail de **Gruber** (1). Pour **Léger**, la fécondation dans les Mucorinées résulte de la fusion de petites sphères granuleuses, sans membrane, qu'il appelle *sphères embryogènes* et dont on a reconnu la présence constante dans les zygospores des Mucorinées. Le résultat de la fusion des sphères embryogènes serait la production de 2 *sphères embryonnaires* qui se fusionneraient à leur tour au moment de la germination de l'œuf. Les recherches de **Gruber**, faites à l'aide d'une technique plus précise, ont porté sur le *Sporodinia grandis* déjà étudié par **Léger**. Il n'a pu constater la présence des sphères embryogènes et des sphères embryonnaires et n'a pas davantage pu mettre en évidence l'existence dans la zygospore d'une zone centrale pourvue de quelques noyaux et d'une zone périphérique, où les noyaux plus petits seraient beaucoup plus nombreux. Au contraire, même dans des zygospores demeurées plus de six mois au stade de repos, les noyaux, tous semblables, sont toujours restés uniformément répartis dans le plasma. Il n'a d'ailleurs constaté ni division, ni fusion de noyaux, bien qu'il considère ces dernières comme très vraisemblables.

La preuve que, dans les fusions des gamètes des Mucorinées, il se produit un acte sexuel caractérisé par les phénomènes cytologiques habituels, reste donc à faire. On pouvait tirer une présomption en faveur de son existence, du fait que la zygospore prend les caractères d'un œuf et en particulier se recouvre d'une membrane propre et émet des appendices spéciaux et assez bien caractéristiques des diverses espèces de Mucorinées.

---

(1) E. Gruber : *Ueber das Verhalten der Zellkerne in den Zygosporen von Sporodinia grandis*. Ber. d. d. bot. Ges. XIX, 1701, p. 51-56, 1 pl.

Vuillemin (1), par l'étude très soignée du développement et de la constitution de cette membrane, a montré qu'il n'y a pas de distinction à faire entre la membrane propre de la zygospore et les membranes des éléments copulateurs. Les membranes de la zygospore naissent et continuent à évoluer indépendamment de la zygospore elle-même. Les modifications secondaires qu'elles subissent sont seulement plus accentuées à son niveau.

Si les phénomènes cytologiques qui caractérisent la fécondation dans les Mucorinées sont encore fort obscurs, il n'en est pas de même des phénomènes de morphologie externe qui accompagnent ou déterminent l'union des deux gamètes. En particulier, le travail de Blakeslee (2) a jeté un jour tout nouveau sur la conception de la sexualité chez les Mucorinées. D'après les traités classiques, les Mucorinées sont considérées comme isogames et il n'est pas question de la différenciation des sexes pour ces plantes. Blakeslee a montré que le même individu, ou bien possède les deux sexes (espèces monoïques), ou bien possède un sexe parfaitement déterminé et toujours le même (espèces dioïques). Il divise les Mucorinées en deux groupes : 1° les *Mucorinées hétérothalliques* chez lesquelles la zygospore exige pour se former le concours de deux individus différents ; 2° les *Mucorinées homothalliques*, où la zygospore peut se former par l'union de deux branches du même individu. Dans les espèces hétérothalliques, l'auteur constate entre les deux parents qui s'unissent des différences très marquées : l'une des formes (forme +), est toujours vigoureuse ; l'autre (forme —) prend toujours un moindre développement ; ces caractères différentiels se maintiennent indéfiniment, quel que soit le mode de multiplication employé (spores ou mycélium) et le nombre de multiplications successives effectuées ; ils sont bien, en outre, d'ordre sexuel, puisque, constamment, le rapprochement des formes (+) et (—) amène la production des zygospores, tandis qu'il ne s'en produit jamais entre deux formes (+) ou deux formes (—).

A côté de ces formes sexuées, l'auteur a quelquefois pu trouver dans une même espèce des formes *neutres* où le pouvoir sexuel semblait aboli

---

(1) P. Vuillemin : *Sur une double fusion des membranes dans la Zygospore des Mucorinées*. C. R. Ac. Sc. CXXXVII. 1903, p. 869.

P. Vuillemin : *Recherches morphologiques et morphogéniques sur la membrane des Zygospores*. Bullet. mensuel des séances de la Soc. des Sc. de Nancy, 1904.

(2) Blakeslee : *Sexual reproduction in the Mucorineæ*. Proced. of the Amer. Ac. of. Arts and. Sc. Août 1904.

(certaines formes de *Phycomyces*, d'*Absidia*, de *Rhizopus* trouvées dans la nature). Il en a même obtenu expérimentalement par culture sur un milieu épuisé avec le *Mucor mucedo*, qui, normalement, présente la forme (+) ou la forme (—).

Les espèces hétérothalliques sont de beaucoup les plus nombreuses. Chez elles, les individus se partagent en formes (+) et formes (-), reconnaissables extérieurement à des caractères du thalle constants et fixes. Chez quelques espèces, cependant, comme le *Rhizopus nigricans*, ces caractères distinctifs manquent ; les sexes n'en sont pas moins déterminés dans les individus, ainsi que le prouve la réaction sexuelle qui se produit toujours par le rapprochement de deux catégories différentes d'individus et jamais entre individus de même catégorie.

Les espèces hétérothalliques, qui représentent des différences de thalle suivant les sexes, sont, par contre, remarquablement isogames, c'est-à-dire que les gamètes sont très semblables. Les espèces où l'on a signalé des différences dans l'ampleur ou la rapidité du développement des gamètes (*Rhizopus*, *Phycomyces*) ne sont pas véritablement hétérogames, car ces différences ne sont pas véritablement liées à la nature des sexes. Au contraire, les espèces homothalliques sont souvent nettement hétérogames (*Zigorhynchus*, *Dicranophora*).

Ces considérations sur l'existence d'une sexualité différente suivant les individus ont été confirmées par des expériences de croisement entre Mucorinées d'espèces distinctes. Ces croisements n'ont jamais donné lieu qu'à des *hybridations imparfaites*, c'est-à-dire que la jonction de deux espèces différentes n'a jamais provoqué la formation de zygospores complètes, capables de germer. Le phénomène de fécondation n'a jamais été plus loin que la différenciation d'un des deux gamètes, quelquefois des deux, chacun avec les appendices caractéristiques de son espèce. Mais, tels qu'ils sont, ces résultats sont importants au point de vue de l'existence de la sexualité, car cette sorte d'existence semble ne s'être jamais produite qu'entre formes de signe différent (+ et —), c'est-à-dire différemment sexuées ; par contre, les espèces homothalliques qui renferment les deux sexes s'hybrident indistinctement avec les deux formes d'une espèce hétérothallique.

Cette méthode d'hybridation a, en outre, permis de clore une discussion de classification relative au *Cuninghamella*. **Thaxter** en faisait un *Œdocephalum*. **Matruchot** (1) le rangeait parmi les Mucorinées à cause de sa propriété de nourrir les *Piptocephalis*, qui sont des parasites nécessaires et exclusifs des champignons de ce groupe. **Blakeslee** ayant pu croiser une forme de *Cuninghamella* avec un *Mucor* de forme (—), la considérait comme une forme (+) de Mucorinée. Ayant rencontré plus tard dans la nature une forme (—) de ce *Cuninghamella*, il provoqua à volonté la formation des zygospores inconnues jusqu'alors en donnant ainsi une preuve de plus de l'existence des formes sexuées dans les Mucorinées et une justification du raisonnement inductif de **Matruchot**.

---

(1) L. Matruchot : *Une Mucorinée purement conidienne, Cuninghamella africana.* Annales mycologici. I, 1903, p. 45.

Quelle est la cause de la formation des gamètes ? **Blakeslee** pense qu'elle résulte de l'excitation provoquée par le contact d'hyphes de sexes différents rapprochées par un *zygotactisme* spécial. Pour lui, cette excitation est la condition essentielle du développement sexué. Les circonstances extérieures n'interviennent que comme facteur secondaire pour le favoriser.

Les circonstances extérieures paraissent cependant avoir sur la formation des organes sexués une influence très grande, que de nombreux travaux récents ont mis nettement en évidence. Il est juste d'ajouter d'ailleurs qu'ils ont été faits sur des espèces homothalliques comme le *Sporodinia grandis* ou sur les Mortierellées. que **Blakeslee** n'a pas étudiées au point de vue de la sexualité, et qu'ils ne sauraient en rien infirmer les conclusions de cet auteur.

Dauphin (1) a essayé sur le *Mortierella polycephala* l'action d'un grand nombre d'hydrates de carbone. Il cultive le champignon sur des milieux dans lesquels la proportion en poids de l'élément nutritif est la même; seule, la nature de l'hydrate de carbone change. Dans ces conditions, le raffinose, le maltose, la mannite, la dextrine, l'amidon, la dulcite, l'érythrite, la glycérine, ne provoquent jamais l'apparition de zygospores. Il a obtenu au contraire ces organes, inconnus jusqu'alors dans cette espèce, par l'adjonction de lévulose, de glucose, de galactose ou même d'alcool ordinaire. Or, les trois premières substances sont des sucres fermentescibles, et l'auteur s'est demandé si la formation des œufs dans ce cas ne serait pas due à la présence d'alcool résultant du dédoublement de ces sucres sous l'influence du champignon. Malgré le résultat négatif de ses expériences, il n'en reste pas moins établi que certains hydrates de carbone, à l'exclusion d'autres tout aussi nutritifs par ailleurs, peuvent provoquer la formation des œufs dans une espèce qui, d'ordinaire, n'en porte pas.

Dans ce même ordre d'idées, **Klebs** (2) a cherché à déterminer l'action d'un grand nombre de facteurs extérieurs sur les modes de reproduction du *Sporodinia grandis*. Il a étudié en particulier : 1° le rôle de l'atmosphère considérée au point de vue de la proportion de vapeur d'eau et d'oxygène qu'elle peut renfermer ; 2° de la lumière; 3° de la température ; 4° de la nature du substratum nourricier ; 5° de la quantité de nourriture à la disposition du champignon considérée au point de vue de son poids absolu et de son degré de concentration.

---

(1). J. Dauphin : *Sur l'appareil reproducteur des Mucorinées*. C. R. Ac. S., 1904, p. 482.

J. Dauphin : *Nouvelles recherches sur l'appareil reproducteur des Mucorinées*. C. R. Ac. Soc. 1905, p. 533.

(2) Klebs : *Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. I. Sporodinia grandis Link*. Jahrb. f. wis. Bot. XXX, 1898.

G. Klebs : *Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. III Allgemeine Betrachtungen*. Jahrb. f. wis. Bot., XXXII, 1898.

Les sporanges et les œufs se formant uniquement dans l'air, il y avait lieu de rechercher l'influence des divers agents atmosphériques. La proportion d'oxygène ne paraît pas avoir d'action sensible au voisinage de la pression normale, mais le rôle de l'humidité est considérable pour la formation des sporanges ou des œufs, car, en changeant les proportions de la vapeur d'eau, on obtient à volonté l'un ou l'autre mode de multiplication. L'auteur est amené à distinguer plusieurs cas, suivant la nature du substratum nourricier. Si ce substratum, par sa nature, est très favorable à la formation des œufs, on obtient uniquement des œufs dans un air renfermant plus des 90 °/₀ de la vapeur d'eau qu'il peut contenir. Au contraire, entre 70 et 80 °/₀ de vapeur d'eau, on n'a que des sporanges. Par le moyen de courants d'air sec ou humide, par l'agitation de l'air, par l'action ménagée de la chaleur et de la lumière, qui ont un retentissement sur l'état hygrométrique, l'auteur arrive à obtenir à volonté dans la même culture, et en des points très voisins, des œufs ou des sporanges. Sur un substratum dont la nature chimique n'est pas très favorable à la formation des œufs, leur production est très difficile à obtenir. Il faut employer une atmosphère très chargée d'humidité, et les moindres changements dans la température, la lumière, etc., favorisent le développement des sporanges aux dépens des œufs. Les sporanges, étant, beaucoup plus que les œufs, indépendants de la nature chimique du substratum, prédominent d'autant plus facilement pour une humidité donnée que le substratum est moins favorable à la formation des œufs.

Enfin, il est des cas extrêmes où l'influence du substratum l'emporte toujours sur l'action de l'humidité. On n'obtient jamais alors que des sporanges. L'emploi d'un air très humide a simplement pour effet de retarder leur formation et de diminuer leur nombre relatif sans faire apparaître de zygospores.

L'influence de la lumière est aussi très nette. Des cultures identiques à tous points de vue ont donné à l'obscurité uniquement des œufs, à la lumière des sporanges.

Mais c'est l'action du milieu nutritif que l'auteur a étudiée avec le plus de détails. Les sporanges apparaissent sur les substratum les plus divers au point de vue chimique, tandis que les œufs nécessitent pour se former la présence de matériaux nutritifs non azotés bien déterminés, comme certains hydrates de carbones (dulcite, glucose). Les alcools polyatomiques ont aussi une action favorable. Les substances renfermant de l'azote organique, les peptones, les solutions de salpêtre employées seules, même dans les conditions les plus favorables à la formation des œufs, ne permettent jamais d'en obtenir.

La nourriture offerte au champignon n'agit pas seulement par sa constitution chimique ; son état de concentration dans le substratum joue aussi un grand rôle dans la détermination du mode de multiplication. Dans les solutions étendues, quelle que soit la quantité absolue de substance nutritive présente, il ne se forme que des sporanges. Les œufs n'apparaissent que lorsque la concentration dépasse un certain minimum, variable d'ailleurs suivant la nature de la substance expérimentée. Pour les substances favorables à la formation des œufs (glucose, dulcite), le minimum oscille de 0,5 à 1 o/o ; pour le saccharose, de 3 à 4 o/o. La valeur de ce minimum s'abaisse pour l'adjonction de substances riches en azote, comme la peptone, les acides de certains acides organiques.

L'étude de l'action des différents agents que nous venons de passer en revue a été reprise par Brefeld (1) et par son élève Falk (2), qui a consacré un long mémoire au même *Sporodinia grandis*. D'après eux, certains agents, auxquels Klebs attache une grande importance, comme l'humidité de l'atmosphère, la lumière, la nature chimique du substratum, n'auraient pas grande influence. L'action dominante dans la détermination de la reproduction sexuée ou asexuée serait l'état de concentration des substances nutritives dans le milieu employé. Même à ce dernier point de vue, leurs résultats sont différents de ceux de Klebs dans l'évaluation des minima nécessaires pour l'obtention des œufs. Brefeld pense qu'au-dessous de 10 °/o de glucose, on ne peut obtenir que des sporanges ; qu'entre 10 et 20 °/o, quelques sporanges se mélangent encore aux œufs, et que ce n'est que pour des concentrations supérieures à 20 °/o qu'on obtient la formation exclusive des œufs.

Klebs (3), devant ces résultats et critiques, a repris certaines de ses premières affirmations. Il est difficile d'entrer ici dans la discussion des nombreuses expériences de ces auteurs. Il est bien probable que leurs divergences tiennent à leurs méthodes de culture différentes et aux difficultés de l'expérimentation, qui ne permettent pas d'isoler suffisamment l'action des divers facteurs qui entrent en jeu à la fois et dont certains sont trop mal connus pour qu'on puisse apprécier exactement leur action. Enfin, il faut aussi tenir compte de l'opinion émise par Klebs, qu'ils ont peut-être opéré sur deux races de *Sporodinia* bien différentes au point de vue des aptitudes sexuelles.

En tous cas, si les résultats n'ont pas la portée générale que leur attribuent leurs auteurs, ils n'en restent pas moins établis pour tous les cas particuliers où ils ont été obtenus, et cela suffit, en attendant de nouvelles expériences sur ce sujet, pour reconnaître que les facteurs extérieurs ont souvent dans l'apparition de la sexualité des champignons une influence prépondérante.

---

(1) O. Brefeld : *Ueber die geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Fruchtformen bei den copulirenden Pilzen.* Jahresb. Schles. Gesell. 1900.

(2) R. Falck : Die Bedingungen und die Bedeutung der Zygotenbildung bei Sporodinia grandis. Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, VIII, 1902,

(3) G. Klebs : *Ueber Sporodinia grandis.* Bot. Zeitung, LX, 1902, 2e part. p. 177-199.

5° Entomophthorées. — Le petit groupe des Entomophthorées, que sa biologie si curieuse met à part parmi les Champignons inférieurs, commence à être bien connu au point de vue cytologique. Les nombreux travaux de Maupas, Eidam, Vuillemin, Chmielewski, Raciborski, Fairchild, Cavara, Lœventhal, Voycicki, nous en ont révélé les principales particularités. L'attention a été attirée sur le phénomène sexuel par Nowakanski qui, dès 1882, a montré que les spores durables de ces Champignons étaient de véritables œufs résultant d'une fécondation. La découverte par Eidam du *Basidiobolus*, forme sexuée saprophyte et facilement cultivable, a mis aux mains des travailleurs un matériel commode à étudier. Aussi, c'est surtout ce genre qui a été mis à contribution pour les recherches relatives à la fécondation.

Eidam (1886) avait déjà signalé les principales particularités de l'acte sexuel dans le *Basidiobolus*. Il avait vu que deux cellules voisines mononucléées, poussent deux petits prolongements en forme de becs qui s'affrontent. Le noyau se divise : une moitié vient dans le bec qui s'isole par une cloison, l'autre moitié reste dans la cellule origine. Tandis que les noyaux du bec dégénèrent, une ouverture se fait dans la cloison séparant les deux cellules-mères et par là le noyau et le protoplasme d'une des cellules passe dans la cellulle voisine qui devient l'œuf et épaissit sa membrane. Eidam a vu les deux noyaux s'accoler, mais n'a pas assisté à leur fusion.

Ces études ont été reprises récemment et les auteurs, confirmant les principaux résultats d'Eidam, nous ont fait connaître nombre de particularités nouvelles dans ce mode curieux de fécondation.

(A suivre). I. Gallaud.

430 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

RÉCENTES PUBLICATIONS BOTANIQUES

Dr Ch. Bernard : *Sur quelques maladies de* Thea assamica, *de* Kickxia elastica *et de* Hevea brasiliensis (Bulletin du département de l'Agriculture aux Indes néerlandaises, N° VI, Phytopathologie I. Buitenzorg, 1907).

M. Tswett : *Zur Geschichte der Chlorophyllforschung Antwort an Herrn Marchlewski* (Bericht. d. Deutsch. Bot. Gesellsch., année 1907, vol. XXV, cahier 2, p. 71).

Jean Friedel : *Quelques observations sur la flore des terrains calcaires, granitiques et dolomitiques des environs de Saint-Hippolyte-du-Fort* (Gard) (Soc. Bot. de France, Séance du 22 Février 1907, p. 101).

M. Tswett : *Absorptions analyse und chromatographische Methode Anwendung auf die Chemie des Chlorophylls* (Bericht. d. Deutsch. Bot. Gesellsch., année 1906, vol. XXIV, cahier 7, p. 384).

G. Van Iterson : *Mathematische und mikroskopisch-anatomische Studien über Blattstellungen* (G. Fischer, Iéna, 1907).

C. L. Gatin : *Sur le développement des pneumathodes des Palmiers et sur la véritable nature de ces organes* (C.R. Acad. Sc., Paris, 18 Mars 1907, p. 649).

Marcel Dubard et Paul Dop : *Description de quelques espèces nouvelles de Madagascar* (Soc. bot. de France, t. LIV, 4e série, t. VII, 1907, p. 156).

Hans Molisch : *Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen* (une brochure avec 4 planches, chez G. Fischer, Iéna 1907).

Marcel Dubard : *Sur la délimitation et les relations des principaux genres d'Illipées* (C.R. Acad. des Sciences, Paris, 13 Mai 1907).

Octave Lignier : *Végétaux fossiles de Normandie. IV. — Bois divers* (1re série) (Publication du Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Caen).

Edouard Heckel : *Sur les origines de la pomme de terre cultivée et sur les mutations gemmaires culturales de* Solanum, *tubérifères sauvages* (Marseille, imprimerie Barlatier, 1907).

Mlle **Belèze** : *Liste des Lichens des environs de Montfort l'Amaury et de la Forêt de Rambouillet. — Le mimétisme chez quelques végétaux de la Forêt de Rambouillet* (Congrès des Sociétés Savantes, 1904, 1905).

W. **Zaleski** : *Ueber den Umsatz der Phosphorverbindungen in reifenden Samen* (B. deutsch. Bot. Ges., vol. XXV, cahier 2, p. 58, 4 Février 1907).

E.-C. **Teodoresco** : *Matériaux pour la flore algologique de la Roumanie.* (Ann. Sc. nat. d. S., t. 5, 1907).

T. **Weevers** : *Die Physiologische Bedeutung des Koffeins und des Theobromins.* (Ann. Jardin Bot. Buitenzorg, 2e série, vol. VI, p. 1-78, 1907).

J.-C. **Schoute** : *Uber die Verdickungsweise des Stammes von* Pandanus (id. p. 115-137, 1907).

J. **Maheu** : *Monographie des principales déformations des muscinées cavernicoles.* (Compt. Rend. du Congrès des sociétés savantes en 1906).

E. **Hemmendorff** : *Ueber die vegetative Vermehrung in der floralen Region bei* Epidendrum elongatum Jacq. (Arkiv fór Botanik, I, 1904).

Perrédès P.E.F. : *The Botanical characters of some Californian Species of* Grindelia (The Wellcome chemical Research laboratories 6 King street, Snow Hill, london, E.C., 1906).

Power B., **and Tutin** F. : *Chemical examination of* Eriodictyon. (Id., 1906).

Muller P.-E. et **Fr. Wois** : *Ueber die Einwirkung des Kalkes auf Buchenrohhumus (Trockentorf).* (Naturwissensch. Zeitschrift für and und Forstwirtschaft, 5 Jarhrg, 1907).

Perrot E. et **Gérard** G. : *L'anatomie du tissu ligneux dans ses rapports avec la diagnose des bois.* (Mémoires Soc. Bot. France, 1907).

Pitard, J. : *Contribution à l'étude des Muscinées des Iles Canaries* (Id.).

Doin, Ch. : *Étude sur l'*Ephemerum stellatum *Philibert et remarques sur les* Ephemerum *européens* (Bull. Soc. Bot. France. Tome VII, 1907).

Battandier, A. : *Revision des* Tamarix *algériens et description de deux espèces nouvelles* (Id.).

Rouy, G. : *Le genre* Leontodon *dans la flore française.*

Bessil, J. : Une excursion algologique aux environs de St-Vaast-la-Hougue et de Barfleur (Id.).

Corbière L. : *Sur l'apparition à Cherbourg du* Colpomenia sinuosa (Id.).

Mangin L. : *A propos du* Colpomenia sinuosa (Roth.) Derb. et Sol. (Id.).

Molliard, M. : Sur un cas de tricotylie obtenu expérimentalement chez le Radis (Id.).

Bonati G. : *Les Pédiculaires de Chine de M. Wilson dans l'herbier du Muséum de Paris* (Id.).

A. **Reynier** : *Les* Chenopodium amaranticolor *et* Chenopodium pedunculare *dans les Bouches-du-Rhône* (Id.).

Clos, D. : *Historique du* Taraxacum officinale (Id.).

Jean **Friedel** : *Sur un cas de Monœcie chez le* Trachycarpus excelsa (Id.).

M. **Gandoger** : *Les composées du Laos de la collection Spire* (Id.)

G. **Dismier** : *Revision des* Philonotis *de la région parisienne* (Id.).

G. **Chauveaud** : *Mode de formation du faisceau libéro-ligneux chez les Monocotylédones* (Id.).

E. **Hemmendorf** : *Fazenda santa Albertina, Bilder från en Brasiliansk Kaffeplantage* (Svensk Botanisk Tidskrift, I, 1907).

E. Chr. **Hansen** : *Oberhefe und Unserhefe. Studien über Variation und Erblichkeit* (Centralbl., f. Bakter. Parasitenkunde, XVIII, 1907.

E. **Autran** : *Les Tropéolacées argentines et le genre* Magellana. (Anales de la Sociedad Cientifica Argentina, LXIII, 1907).

E. **Autran** : *Énumération des plantes récoltées par Miles Stuart Pennington pendant son voyage à la Terre de Feu en 1903* (Revista de la Universidad de Buenos-Aires, 1905).

Session extraordinaire tenue dans la province d'Oran en avril 1906 (Société Botanique de France, 1907).

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Octobre 1907

N° 226

*Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.*

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 OCTOBRE 1907

Pages

I. — RECHERCHES CYTOLOGIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CELLULES-MÈRES DU POLLEN CHEZ LES NYMPHÉACÉES (avec planches), par **MM. W. Lubimenko** et **A. Maige** (*Suite*). . 433

II. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES, parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Gallaud** (*Suite*) 459

PLANCHES CONTENUES DANS CETTE LIVRAISON

Planche 2. — *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : cellules-mères des grains de pollen, avec noyau en voie de division (1re cinèse).

Planche 3. — *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : cellules-mères des grains de pollen, avec noyau en voie de division (1re et 2me cinèse).

Planche 4. — *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Tétrades. Développement des grains de pollen.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE

MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à **Gretz-sur-Loing (S.-M.).**

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & C^ie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

LE MONDE VÉGÉTAL

PAR

GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR A LA SORBONNE

« L'ouvrage que vient de rédiger M. Gaston Bonnier n'est pas, à proprement parler, un livre de Botanique.

Dans *Le Monde Végétal* l'auteur, avant tout, expose les faits qui éclairent la philosophie des sciences naturelles ; il y passe en revue la succession des idées que les savants ont émises sur les végétaux ; il les commente et il les discute.

L'Histoire de la fleur, la constitution des grands groupes, les passages que ceux-ci présentent entre eux, les progrès gradués dans l'Étude des Cryptogames sont les principaux sujets traités dans la première partie de cet ouvrage.

La Notion de l'espèce, la comparaison avec les animaux ; les grandes questions modernes, telles que le Transformisme expérimental, la Création actuelle des espèces par mutation, les changements obtenus dans la forme des êtres par la réalisation artificielle de diverses conditions climatériques, etc., sont traités dans la seconde partie qui se termine par un chapitre sur la génération spontanée.

Avec M. Gaston Bonnier, ces questions si importantes pour la Biologie générale deviennent faciles à saisir jusque dans leur essence la plus délicate.

Un style alerte, des descriptions accompagnées de nombreuses figures et surtout une admirable clarté, sont les caractéristiques de ce livre original et intéressant. »

En vente à la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, Rue Dante – PARIS

1 vol. illustré de 230 figures

Prix : 3 fr. 50 (*Franco*, 3 fr. 85).

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Saccardo, P.-A. — Sylloge fungorum, 8 tomes en 10 vols, avec les suppléments I et II, 2 vols ; ou tome I à X. Patavii 1882-1892 . . . . **700 fr.**

Baillon, H. — Histoire des plantes, 13 vols (tout publié) . . . **250 fr.**

Wildeman, E. de. — Enumération des plantes récoltées au Congo par E. Laurent en 1903-04, Fasc. I à IV, Bruxelles 1905-07, 450 p., 142 pl. en cartons **75 fr.**

Moore et Lindley. — The ferns of Great Britain and Ireland. London 1855. Gr. in-folio av. 51 planches, col. nature printed by Bradbury, rel. . **100 fr.**

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER

Professeur de Botanique à la Sorbonne

Membre de l'Institut

ALBUM

DE LA

NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT

Toutes les espèces de Plantes

photographiées directement d'après nature

au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2.028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75

Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement

1, rue Dante, PARIS (V^e^)

Prix : *franco*, broché . . 5 fr. 20

franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile **DEYROLLE**, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

- **Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.**
- **Projections pour l'enseignement,** lanternes de projections, etc.
- **Enseignement technique, Collections** et **Matériel.**
- **Pièces d'anatomie humaine comparée** et **botanique** en staff et cire.
- **Mammifères, Oiseaux, Reptiles** et **Poissons,** prix à la pièce.
- **Squelettes montés,** prix à la pièce.
- **Insectes européens** et **exotiques,** prix à la pièce.
- **Coquilles,** prix à la pièce.
- **Animaux invertébrés en alcool,** prix à la pièce.
- **Fossiles** et **Minéraux,** prix à la pièce.
- **Cabinets** et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.
- **Livres d'histoire naturelle.**
- **Instruments** pour l'étude des sciences naturelles.
- **Microscopes, Microtomes.**
- **Préparations microscopiques,** instruments pour la **Micrographie.**
- **Meubles** pour le rangement des collections.
- **Tableaux d'histoire naturelle,** collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.
- **Mobilier et Matériel d'enseignement** pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.
- **Musée scolaire** pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

E. LEITZ WETZLAR

Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.).

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & Cº, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES — PELLICULES — PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS

PAR LES

“PLAQUES AUTOCHROMES”

(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

RECHERCHES CYTOLOGIQUES
SUR LE
DÉVELOPPEMENT DES CELLULES-MÈRES DU POLLEN
CHEZ LES NYMPHÉACÉES

Par MM. **W. LUBIMENKO** et **A. MAIGE** (*Suite*)

(Planches 1, 2, 3, 4, 5).

6° STADE : MÉTAPHASE. — A ce stade, la cellule-mère du pollen, chez le *Nymphæa alba*, présente les mêmes caractères généraux que précédemment. Le fuseau bipolaire a la forme définitive que nous avons indiquée et les chromosomes sont disposés régulièrement dans la plaque équatoriale. Il est difficile, même à ce stade, d'apprécier le nombre des chromosomes chez cette espèce, à cause de leur petitesse (voir Pl. 2, fig. 24), et de leur disposition très serrée. Chez le *Nuphar luteum*, ainsi qu'il a déjà été dit, le fuseau est droit et occupe le centre de la cellule, les chromosomes sont moins nombreux et plus gros, ce qui permet de les compter facilement et d'en observer la division. Nous avons toujours trouvé leur nombre égal à 17, au lieu du chiffre de 16, indiqué par M. Guignard (voir Pl. 2, fig. 25). Les chromosomes de *Nuphar luteum* ont souvent, après leur constitution définitive, une forme quadrangul~~ai~~re avec des angles plus ou moins arrondis ; cette forme persiste pendant la formation du fuseau, cependant quelques chromosomes présentent déjà, au stade du fuseau multipolaire, une forme ovalaire un peu allongée et légèrement étranglée dans la partie médiane. La division des chromosomes s'effectue pendant la métaphase. A ce stade ils prennent une forme ovalaire et allongée dans la direction de l'axe du fuseau. En leur milieu apparaît transversalement un étranglement, accentué surtout sur la face tournée vers l'extérieur du fuseau, de sorte que le chromosome présente vu de ce côté l'aspect de deux bosses séparées par un sillon. Les deux protubérances prennent du côté des pôles une forme anguleuse et s'appuient par leur extrémité sur les fibrilles du fuseau (voir Pl. 2, fig. 26) ; puis les deux moitiés de chaque chromosome se séparent, et l'on arrive au stade de l'anaphase.

M. Guignard (1) a observé la division des chromosomes dans les deux espèces étudiées et a remarqué que ce phénomène ne présente « rien de bien spécial » chez le *Nymphæa alba*. Pour le *Nuphar luteum*, d'après ce savant cytologiste : « à la métaphase les tétrades changent d'aspect ; les deux paires d'éléments chromatiques, situés dans chacune d'elles, de part et d'autre du plan équatorial se séparent l'une de l'autre, les globules prennent la forme de bâtonnets réunis deux à deux par les bouts tournés vers le pôle ».

D'après M. Strasburger (2) les chromosomes de *Nymphæa alba* au stade de la métaphase, prennent une forme ovalaire un peu allongée, et subissent un étranglement transversal ; M. Strasburger considère cet étranglement comme un phénomène général et caractéristique de la métaphase. D'après nos observations, la division des chromosomes se passe, chez le *Nymphæa alba*, d'une manière analogue à celle que nous venons de décrire chez le *Nuphar luteum*, et concordant donc, en tous points, avec les faits signalés par M. Strasburger. Il nous paraît aussi très probable, que l'étranglement transversal chez certains chromosomes se produit, dans les deux espèces étudiées, avant la formation définitive de la plaque nucléaire ; mais dans la plupart des cas cet étranglement ne devient bien visible qu'à ce dernier stade ; il faut aussi reconnaître que la petitesse des chromosomes de nos deux espèces n'est guère favorable à de pareilles observations.

Afin de nous rendre compte de toutes les particularités morphologiques qui caractérisent la première division nucléaire dans les cellules-mères du pollen, il nous a paru intéressant d'y comparer la division des noyaux des cellules du parenchyme végétatif des étamines. Les noyaux de ce tissu sont assez volumineux, chez le *Nuphar luteum*, pour qu'il soit possible de faire des observations assez détaillees sur leur division. Si nous partons du stade du repos, que nous avons décrit plus haut, pour suivre les différentes phases de la caryokinèse, nous voyons d'abord le noyau végétatif s'accroître et le filament lino-chromatique devenir beaucoup plus abondant dans la cavité nucléaire (voir Pl. 2, fig. 27). Le nucléole occupe ordinairement le centre du noyau et reste toujours relié par des filaments spéciaux avec le réseau lino-chromatique. Dans ce réseau même, on distingue des corpuscules rouges de chromatine entourés de linine et réunis entre eux par des filaments de cette substance colorés en bleu ; ces corpuscules rouges sont disposés, dans la plupart des cas, aux angles du réseau linique. Ce stade peut être considéré comme correspondant au stade du prosynapsis des noyaux reproducteurs. Le stade suivant (Pl. 2, fig. 28) est caractérisé par la transformation du réseau lino-chromatique en un filament plus épais, coupé en tronçons et dans lequel on ne distingue ni les corpuscules ni les fins filaments liniques; la couleur de ce filament est rouge-violet. Nous n'avons jamais observé de spirème continu. On distingue des tronçons filamenteux gros et assez courts, tantôt séparés les uns des autres, tantôt réunis par de fins prolongements ou accolés les uns aux autres par de petites protubérances (voir Pl. 2, fig. 28). A ce point de vue, nos observations se rapprochent de celles de MM. Grégoire et Wygaerts (1) et de M. Martino (2) sur la formation des chromosomes dans les cellules végétatives; d'après ces observateurs, en effet, le noyau au repos est formé par la juxtaposition de chromosomes alvéolisés, qui, à la prophase, se condensent individuellement en bandes chromatiques distinctes, sans formation d'un spirème continu.

---

(1) Guignard, *loc. cit.* p. 186 et 190.

(2) Strasburger, *loc. cit.* p. 61

A un stade plus avancé, les tronçons filamenteux subissent une concentration assez grande ; leur coloration devient rouge-clair et leur forme plus courte et plus ou moins régulière ; leurs extrémités présentent souvent des prolongements filamenteux peu colorés, rappelant l'aspect antérieur des segments chromatiques, dont quelques-uns restent reliés au nucléole, qui a conservé sa constitution normale (voir Pl. 2, fig. 29).

---

(1) Grégoire et Wygaerts . *La reconstitution du noyau et la formation des chromosomes dans les cinèses somatiques* (La Cellule, 1903).

(2) Martino : *Nucléole et chromosomes dans le méristème radiculaire de* Solanum tuberosum *et* Phaseolus vulgaris (La Cellule, 1904).

Ces deux stades correspondent au stade du spirème et à celui de la formation des chromosomes dans les noyaux reproducteurs. Ainsi qu'on peut le reconnaître, les phénomènes qui se passent dans le noyau végétatif pendant la division paraissent, à première vue, bien différents de ceux que l'on observe dans le noyau reproducteur mais au fond les processus sont les mêmes ; de part et d'autre on constate la même transformation du réseau nucléaire en un filament plus gros, suivi de la même concentration de la chromatine, en des masses déterminées, qui forment les chromosomes.

Si maintenant nous examinons un stade plus avancé de la caryokinèse des noyaux végétatifs, nous trouvons, à l'intérieur de la cavité nucléaire, toujours limitée par une membrane très nette, le nucléole qui a gardé sa forme et ses dimensions, et, à la périphérie, les chromosomes isolés, dont la coloration est maintenant rouge foncé et la forme en général ovalaire; quelques uns cependant ont gardé un aspect un peu allongé et sont encore plus ou moins réunis les uns aux autres (voir Pl. 2, fig. 30).

Nous n'avons pas suivi tous les stades de la formation du fuseau, le phénomène ne se présentant pas avec assez de netteté dans les noyaux en question. Le fuseau entièrement formé est relativement plus large dans son milieu que le fuseau des noyaux reproducteurs (voir Pl. 2, fig. 31). Il était intéressant de compter le nombre des chromosomes des cellules végétatives ; il est malheureusement difficile de déterminer ce nombre d'une manière exacte ; en effet, au stade de la métaphase, le plus favorable pour cette évaluation, les chromosomes se montrent, sur les coupes transversales de la plaque équatoriale, très serrés, et souvent réunis bout-à-bout en chaînes comprenant deux ou plusieurs chromosomes.

Les nombres que nous avons trouvé ont varié la plupart du temps entre 18 et 24 ; comme on le voit ces nombres sont nettement inférieurs au nombre double (34) des chromosomes des cellules-mères polliniques (1).

Si l'on compare les plaques nucléaires des noyaux végétatifs et des noyaux reproducteurs, on constate que de part et d'autre les chromosomes y sont disposés en ordre sensiblement aussi serré, mais que les diamètres de ces plaques sont assez différents. Voici les chiffres obtenus :

---

(1) Dans certaines cellules, cependant, on observe un nombre de chromosomes double ou voisin du double de celui des cellules reproductrices. Nous n'avons pas recherché à quelle cause il fallait attribuer ces différences entre les cellules d'un même parenchyme et nous laissons aux recherches ultérieures le soin de résoudre cette question.

Nymphæa alba

DIAMÈTRES DES PLAQUES NUCLÉAIRES

Noyaux végétatifs	Noyaux reproducteurs
6.6 μ	9.4 μ

Le rapport de la surface de la plaque nucléaire des noyaux végétatifs à celle des noyaux reproducteurs est égal à $\frac{6,6^2}{9,4^2}=\frac{1}{2}$.

Voici les résultats pour le

Nuphar luteum

DIAMÈTRES DES PLAQUES NUCLÉAIRES

Noyaux végétatifs	Noyaux reproducteurs
7.8 μ	11.7 μ

Le rapport de la surface de la plaque nucléaire des noyaux végétatifs à celle des noyaux reproducteurs est de $\frac{7.8^2}{11.7^2}=\frac{1}{2.2}$.

Comme le montrent les chiffres précédents, les surfaces des plaques nucléaires, dans les noyaux reproducteurs des deux espèces étudiées, sont au moins deux fois plus grandes que celles des noyaux végétatifs. Comme d'autre part, les épaisseurs des plaques nucléaires des noyaux reproducteurs sont supérieures à celles des noyaux végétatifs, on peut conclure que le volume de la masse chromatique est au moins double chez les premiers noyaux.

En résumé, on peut tirer de l'étude que nous venons de faire de la métaphase les conclusions suivantes :

1° La division des chromosomes s'effectue dans la plupart des cas au stade de la plaque équatoriale ; elle se produit par un étranglement transversal, c'est-à-dire dans une direction perpendiculaire à l'axe du fuseau.

2° Les surfaces des plaques nucléaires des noyaux reproducducteurs sont environ deux fois plus grandes que celles des mêmes éléments des noyaux végétatifs.

3° Les volumes des masses chromatiques des noyaux reproducteurs sont au moins doubles de ceux des masses correspondantes des noyaux végétatifs.

7° Stade : Anaphase. — La membrane et le cytoplasme de la cellule-mère du pollen présentent au début de ce stade, dans les deux espèces étudiées, les mêmes caractères qu'au stade précédent. Chez le *Nymphæa alba* le fuseau a l'aspect d'un cylindre surmonté de deux cônes légèrement courbés au sommet, mais sa forme générale est sensiblement droite ; les fibrilles sont toujours nettes, plus serrées dans la partie conique que dans la partie centrale (voir Pl. 2, fig. 35). Les chromosomes sont deux fois plus petits qu'avant la division et il devient tout-à-fait impossible de distinguer nettement leur forme.

Il arrive parfois, à ce stade, que l'un des chromosomes se trouve isolé du fuseau dans le cytoplasme ; il apparaît alors entouré d'une auréole claire hyaline, donnant l'impression d'une substance spéciale différente du cytoplasme.

Chez le *Nuphar luteum*, le fuseau conserve à ce stade le même aspect qu'au précédent ; les chromosomes ont une forme anguleuse, souvent triangulaire, l'une des pointes du triangle étant dirigée vers l'un des pôles (voir Pl. 2, fig. 33).

A une époque plus avancée de l'anaphase, les chromosomes, dans les deux espèces, se sont rapprochés des pôles. Dans les cellules-mères du pollen de *Nymphæa alba*, ils forment deux groupes assez compacts, où l'on peut à peine distinguer les divers chromosomes (voir Pl. 2, fig. 35). C'est à ce moment que commence à se former la plaque cellulaire. Chez le *Nuphar luteum*, l'aspect des chromosomes s'est modifié ; leur forme générale est devenue polygonale avec ordinairement quatre ou cinq angles ; le centre du chromosome est moins fortement coloré, quelquefois même tout-à-fait incolore, ce qui indique une tendance de la chromatine à s'accumuler aux angles, qui se détachent souvent du reste du chromosome (voir Pl. 3, fig. 40).

Ce phénomène de vacuolisation des chromosomes pendant l'anaphase a d'ailleurs déjà été signalé chez d'autres espèces par M. Grégoire et ses élèves.

A une période un peu plus avancée les chromosomes de *Nuphar luteum* apparaissent disposés en deux groupes compacts (voir Pl. 3, fig. 41). En observant de haut l'un de ces groupes, on voit que les chromosomes ont émis de fines anastomoses de chromatine qui les réunissent maintenant en un réseau ; à cette même période les sommets du fuseau sont devenus invisibles, mais des fibrilles continuent encore à relier les groupes de chromosomes en traversant le cytoplasme.

Chez le *Nymphæa alba* les chromosomes forment également deux groupes compacts, mais les extrémités coniques du fuseau restent visibles encore très longtemps, souvent même jusqu'à l'apparition de la membrane nucléaire des noyaux jumeaux ; cependant leur aspect fibrillaire disparaît peu à peu pour faire place à une constitution granuleuse (voir Pl. 2, fig. 36, et Pl. 3, fig. 37).

8e Stade : Télophase. — Un peu avant les pôles, les chromosomes se réunissent et s'accolent en une masse compacte, creuse à son intérieur, et présentant à peu près la forme d'un cône, dont le sommet serait tourné vers le pôle correspondant, tandis que la base denticulée regarderait le centre de la cellule. A ce moment, on peut observer, chez le *Nymphæa alba*, dans la zone équatoriale du fuseau, une plaque cellulaire déjà bien différenciée. Cette plaque s'allonge ensuite peu à peu (voir Pl. 3, fig. 37), par suite de l'écartement progressif des fibrilles du fuseau, et finit par traverser la cellule ; elle est constituée par de petits granules colorés en violet à la triple coloration de Flemming (voir Pl. 3, fig. 38).

Un peu plus tard, on voit se former la membrane nucléaire, qui apparaît toujours du côté opposé au pôle, comme le fait a été déjà signalé par M. Guignard (1). Chacun des deux jeunes noyaux prend peu à peu la forme d'une lentille plan convexe ; la masse chromatique est disposée à la périphérie du côté convexe de cette lentille dont le côté plan regarde le centre de la cellule. La formation de la membrane nucléaire se manifeste toujours par l'apparition, en coupe optique, d'une ligne nettement visible, séparée de la masse chromatique par un espace hyalin, qui correspond évidemment au suc nucléaire. La nouvelle membrane apparaît toujours d'un même côté de cette masse, et précisément du côté où était placé l'ancien noyau ; on pourrait donc supposer que c'est le suc nucléaire de l'ancien noyau qui pénètre dans la masse chromatique des noyaux jumeaux ; mais cette hypothèse, qui exige la conservation du suc nucléaire pendant toute la caryokinèse, est bien peu vraisemblable, et il nous semble plus logique d'admettre que la vacuole nucléaire se forme par accumulation d'un nouveau suc nucléaire dans la cavité concave et creuse limitée par les chromosomes, et que sa limite ne devient visible qu'au moment où le suc nucléaire arrive à déborder de cette cavité ; comme cette dernière est ouverte largement vers le bas, il n'est pas étonnant que ce soit de ce côté que la limite de la vacuole apparaisse tout d'abord. Cette interprétation est d'ailleurs en tous points conforme à celle que donnent divers auteurs, et notamment Grégoire, de la formation de la vacuole nucléaire.

---

(1) Guignard, *loc. cit.* p. 185.

Un peu plus tard, les noyaux jumeaux prennent la forme d'une lentille biconvexe ; à ce moment, le cytoplasme de la cellule-mère du pollen comprend une zone claire, périphérique, très accentuée, et au centre un réseau assez compact. Ce réseau est traversé entièrement par la plaque cellulaire granuleuse, dont les extrémités viennent se terminer à la couche membraneuse. En ces points le réseau cytoplasmique émet de petites protubérances entourant la plaque cellulaire et venant toucher la couche membraneuse du cytoplasme (voir Pl. 3, fig. 38).

Des deux côtés de la plaque cellulaire sont disposés les noyaux jumeaux, reliés entre eux par les fibrilles du fuseau, qui traversent la plaque cellulaire et forment dans l'ensemble une sorte de tonnelet. A l'intérieur des noyaux, on aperçoit le réseau lino-chromatique comprenant un filament linique coloré en bleu et des corpuscules chromatiques teintés en rouge. Ce réseau est relié au nucléole dont, à ce moment, la forme est irrégulière (voir Pl. 3, fig. 38). Plus tard, la plaque cellulaire disparaît peu à peu, et les noyaux jumeaux prennent une forme presque ronde ; le nucléole arrondit aussi son contour ou conserve son aspect irrégulier (voir Pl. 3, fig. 39).

Il arrive parfois que la plaque cellulaire ne traverse pas toute la cellule, mais en occupe seulement une partie, la moitié ou les deux tiers, du côté du fuseau. Ce fait n'a rien de surprenant, car nous avons vu, en effet, chez le *Nymphæa alba*, le noyau et ensuite le fuseau être rejetés sur un côté de la cellule ; c'est naturellement de ce côté que la plaque cellulaire, apparaissant dans l'équateur du fuseau, se développe le plus, et vient toucher la couche membraneuse toute proche du cytoplasme.

La fin de la première cinèse pollinique, chez le *Nymphæa alba*, est marquée par la disparition complète de la plaque cellulaire.

Les phénomènes que nous avons observés au stade de la télophase chez le *Nuphar luteum* sont analogues à ceux que nous avons indiqués chez le *Nymphæa alba*. La plus grande différence consiste dans l'absence de plaque cellulaire bien développée. Au moment, où les chromosomes forment deux groupes compacts au voisinage des pôles, les fibrilles du fuseau, encore assez nombreuses, s'écartent parfois dans une direction perpendiculaire à l'axe du fuseau comme nous l'avons indiqué pour le *Nymphæa alba*. Plus tard, lorsque se forme la membrane nucléaire des jeunes noyaux, les fibrilles commencent à disparaître, et au moment où les noyaux jumeaux ont la forme d'une lentille plan-convexe, il n'en reste plus que quelques-unes reliant les noyaux entre eux (voir Pl. 3, fig. 43). Dans des cas extrêmement rares, on peut apercevoir en coupe optique une ligne hyaline sur l'emplacement où devrait se former la plaque cellulaire. M. Guignard (1) a observé le stade de la télophase chez les deux espèces étudiées, et fait seulement une courte remarque au sujet de la plaque cellulaire de *Nymphæa alba* ; d'après ce savant cytologiste, des restes de cette plaque subsisteraient un certain temps, et seraient encore visibles au moment où les noyaux jumeaux sont déjà entrés en division ; jamais nous n'avons observé le fait mentionné par M. Guignard, et nous avons toujours vu la plaque cellulaire disparaître entièrement avant la prophase de la deuxième division. Nous avons déterminé, de même qu'aux stades précédents, les dimensions des noyaux et des cellules à la fin de la première cinèse pollinique.

Voici les résultats ainsi obtenus :

Nymphæa alba

Diamètres des noyaux		Diamètres des cellules	
végétatifs	**reproducteurs**	**végétatives**	**reproductrices**
8.0 µ.	11.7 µ.	29.3 µ.	31.1 µ.

Nuphar luteum

Diamètres des noyaux		Diamètres des cellules	
végétatifs	**reproducteurs**	**végétatives**	**reproductrices**
9.1 µ.	12.8 µ.	31.7 µ.	33.6 µ.

Comparons maintenant ces diamètress à ceux des mêmes éléments pris au stade de la formation des chromosomes; nous aurons :

---

(1) **Guignard**, *loc. cit.*

Nymphæa alba

DIAMÈTRES DES NOYAUX		DIAMÈTRES DES CELLULES	
végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
Formation des chromosomes		Formation des chromosomes	
8.0 μ.	15.0 μ.	29.3 μ.	30.1 μ.
1re division accomplie		1re division accomplie	
8.0 μ.	11.7 μ.	29.3 μ.	31.1 μ.

Nuphar luteum

DIAMÈTRES DES NOYAUX		DIAMÈTRES DES CELLULES	
végétatifs	reproducteurs	végétatives	reproductrices
Formation des chromosomes		Formation des chromosomes	
9.1 μ.	16.1 μ.	31.7 μ.	32.9 μ.
1re division accomplie		1re division accomplie	
9.1 μ.	12.8 μ.	31.7 μ.	33.6 μ.

On voit, d'après les chiffres ci-dessus, que les noyaux et les cellules végétatives ont conservé les mêmes dimensions qu'au stade précédent. Les cellules-mères du pollen ont augmenté de volume, mais dans une très faible proportion. Si l'on calcule le rapport du volume des noyaux jumeaux à celui du noyau primitif de la cellule-mère du pollen, on constate que ce rapport est égal à 1/2 chez les deux espèces. Ce fait est très important, car il montre que chez les deux plantes étudiées, les proportions relatives du suc nucléaire et de substance linochomatique du noyau reproducteur sont restées les mêmes après la première division. Pendant la caryokinèse en effet, la masse lino-chromatique du noyau primitif s'est divisée en deux moitiés, et nous voyons maintenant chacune d'elles être entourée d'une quantité deux fois moindre de suc nucléaire, de sorte que le volume du noyau a diminué de moitié, non seulement dans son ensemble, mais séparément dans chacune de ses parties.

Si nous prenons maintenant le rapport du volume du noyau à celui de la cellule dans le tissu reproducteur et dans le tissu végétatif nous obtenons :

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
tissu végétatif	tissu reproducteur	tissu végétatif	tissu reproducteur
1/48	1/18	1/42	1/18

On voit que le volume relatif de la masse nucléaire reste toujours beaucoup plus grand chez les deux espèces, dans le tissu reproducteur, que dans le tissu végétatif. Il est aussi intéressant de remarquer que le rapport du volume du noyau à celui de la cellule, dans les cellules-mères du pollen, est le même pour les deux plantes. Il en est de même pour le rapport du volume des noyaux jumeaux à celui des noyaux végétatifs qui est de part et d'autre très voisin de 3 à 1.

En conséquence, la diminution de volume du noyau reproducteur, provoquée par la première cinèse, est loin d'être suffisante pour équilibrer l'augmentation énorme de volume, qui a lieu pendant les stades prosynapsis et synapsis.

De l'étude qui précède on peut, en ce qui concerne la télophase, tirer les conclusions suivantes :

1° A la fin de l'anaphase, les chromosomes subissent une transformation, consistant dans la vacuolisation du centre de leur masse, accompagnée d'une condensation de la chromatine en petits globules aux angles du chromosome ; ce phénomène continue, pendant la télophase, jusqu'à la formation du réseau linochromatique des noyaux jumeaux.

2° Au moment où les chromosomes vacuolisés et groupés forment encore une masse compacte, la membrane nucléaire commence à se former ; elle apparaît toujours du côté de l'équateur du fuseau, et son apparition peut être considérée comme la conséquence de la formation du suc nucléaire à l'intérieur puis autour de la masse chromatique.

3° Les nucléoles des noyaux jumeaux apparaissent après la formation de la membrane nucléaire et présentent, au début, une forme irrégulière, anguleuse, qui s'arrondit peu à peu.

4° Chez le *Nymphæa alba*, la télophase est caractérisée par l'apparition d'une plaque cellulaire transitoire, développée principalement sur l'emplacement de l'ancien noyau, et présentant une constitution granuleuse; chez le *Nuphar luteum*, on ne voit que très rarement une plaque hyaline à peine développée.

5° Au moment où les noyaux jumeaux ont pris une forme arrondie, la masse lino-chromatique forme un réseau occupant la périphérie de la cavité nucléaire, et la plaque cellulaire disparaît complètement.

6° Les noyaux jumeaux, définitivement formés, ont un volume deux fois moindre que celui de l'ancien noyau au stade de la formation des chromosomes, mais encore trois fois plus grand que celui des noyaux du parenchyme des étamines. Il en résulte que l'égalité de volume des noyaux reproducteurs et des noyaux végétatifs n'est pas encore atteinte à la suite de la première division.

Deuxième cinèse

Les nombreuses recherches déjà faites sur la division des cellules-mères du pollen et principalement celles de Strasburger (1) ont montré qu'il existe une différence assez constante entre les Monocotylédones et les Dicotylédones.

Chez les Monocotylédones, sauf quelques exceptions dont la plus importante est celle des Orchidées signalée depuis longtemps par M. Guignard (2), il se forme, à la fin de la première cinèse, une membrane partageant en deux la cellule-mère du pollen.

Chez les Dicotylédones, au contraire, la première division n'est nullement suivie de la formation d'une membrane cellulaire, et c'est seulement après la deuxième cinèse, que les cloisons apparaissent en même temps, divisant la cellule-mère en quatre cellules filles.

Jusqu'à présent, on n'a pas signalé d'exception chez les Dicotylédones à cette quadripartition simultanée de la cellule-mère du pollen, sauf chez les Asclépiadacées, d'après M. Dop (3). M. Guignard (4), et M. Andrews (5), ont observé chez les *Magnolia* un cas tout-à-fait particulier : à la fin de la première cinèse, la membrane cellulaire commence à apparaître, mais seulement à la périphérie de la cellule, de sorte que les noyaux jumeaux restent entourés par la même masse cytoplasmique. Cette membrane s'accroît ensuite peu à peu vers le centre de la cellule, mais la bipartition complète de cette dernière ne se produit qu'à la fin de la deuxième cinèse. Le cas du *Magnolia* est très intéressant, au point de vue phylogénétique, car il représente un état intermédiaire, au point de vue du cloisonnement des cellules-mères du pollen, entre les Monocotylédones et les Dicotylédones. Comme M. Srasburger l'a montré, ces dernières plantes forment généralement, après la première cinèse, une plaque cellulaire transitoire plus ou moins développée. Dans le même ordre d'idées, on pourrait considérer cette plaque transitoire comme ayant une valeur phylogénétique et comme représentant un reste de l'ancienne bipartition de la cellule-mère du pollen.

---

(1) Strasburger : *Zellbildung und Zelltheilung* (Iena 1880).

(2) Guignard : *Recherches sur le développement de l'anthère et du pollen des orchidées* (Ann. des Sc. Nat. 1882).

(3) Dop P. : *Recherches sur la structure et le développement de la fleur des Asclépiadées* (Thèse Paris 1903).

(4) Guignard : *Les centres cinétiques chez les végétaux* (Ann. d. Sc. nat., 1898).

(5) Andrews, *loc. cit.*

D'après la description qui a été faite de la première cinèse, on voit que les deux espèces que nous avons étudiées se rapprochent des Dicotylédones ; mais il existe entre elles une différence assez caractéristique : le *Nymphæa alba* forme une plaque cellulaire très fortement développée, qui traverse souvent toute la cellule, tandis que le *Nuphar luteum* ne présente que très rarement une plaque hyaline à peine visible.

Nous trouvons ainsi dans la même famille, entre des genres différents, une différence très nette qui peut être considérée comme d'ordre systématique.

A mesure que la plaque cellulaire transitoire disparait, les noyaux jumeaux prennent peu à peu une forme arrondie, et, sans passer par un stade de repos, commencent à entrer en division.

Dans les deux espèces étudiées, la masse lino-chromatique prend, au début, l'aspect d'un réseau assez régulier, constitué par des filaments épais de linine, et par des corpuscules chromatiques disposés principalement aux angles (voir Pl. 3, fig. 44 et 46) ; on trouve souvent ce réseau déjà bien formé dans les noyaux encore aplatis, et, dans ce cas, il est surtout développé à la partie périphérique du noyau, située du côté de l'ancien pôle.

Ce stade est suivi de la formation des chromosomes qui s'accomplit d'une manière analogue à celle de la première division ; la masse lino-chromatique se condense en certains points ordinairement aux angles du réseau. A ce moment les noyaux ont pris une forme presque ronde, et l'on voit les chromosomes distribués à la périphérie et reliés par des filaments de linine très faiblement colorés. Les figures 45 et 47 montrent que la forme des chromosomes est très variable mais reste toujours anguleuse.

Pendant toute cette période, la membrane nucléaire reste très nettement marquée. La formation du fuseau se fait, chez les deux espèces exactement de la même manière que dans la première division. Au stade du fuseau multipolaire, la membrane nucléaire a complètement disparu ; ensuite les deux fuseaux multipolaires se transforment en fuseaux bipolaires et nous arrivons au stade de la métaphase. La disposition des deux fuseaux dans la même cellule-mère, à ce stade, est assez variable ; leurs axes sont disposés soit parallèlement soit obliquement, soit perpendiculairement l'un à l'autre.

Dans le premier cas, on voit souvent chez le *Nymphæa alba* les sommets des fuseaux se rejoindre deux à deux (voir Pl. 3, fig. 49). Les fuseaux sont entourés chez les deux espèces d'une zone de cytoplasme claire qui forme également une ceinture autour de la membrane ; cette zone est traversée par quelques fibrilles du réseau cytoplasmique dense qui remplit le reste de la cavité cellulaire.

Pour évaluer la masse chromatique, pendant la deuxième division, nous avons mesuré, comme précédemment, les diamètres des plaques nucléaires.

Voici les chiffres ainsi obtenus :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
Diamètres des plaques nucléaires de la deuxième cinèse pollinique	
6.8 μ	8.3 μ

Si nous comparons maintenant ces diamètres à ceux des plaques nucléaires de la première cinèse, et à ceux des plaques nucléaires des noyaux végétatifs, nous aurons :

	Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
	Diamètres des plaques nucléaires	
1e cinèse pollinique. .	9.4 μ	11.7 μ
2e » »	6.8 μ	8.3 μ
Cinèse végétative . .	6.6 μ	7.8 μ

Ces diamètres correspondent à des surfaces proportionnelles à

	Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
1e cinèse pollinique. .	22.1	34.2
2e » » . .	11.6	17.2
Cinèse végétative . .	10.9	15.2

On voit que les plaques nucléaires de la deuxième cinèse sont presque deux fois plus petites que celles de la première cinèse tandis qu'elles sont à peu près égales à celles des noyaux végétatifs. De ces faits découlent immédiatement les conclusions suivantes :

1° La masse lino-chromatique, mesurée à la métaphase de la première cinèse, est restée sensiblement constante, jusqu'à la métaphase de la deuxième cinèse, dans chaque cellule-mère pollinique.

2° Les noyaux jumeaux possèdent une masse lino-chromatique à peu près égale à celle des noyaux en voie de division du parenchyme végétatif.

Il nous a été impossible de calculer le nombre des chromosomes, chez le *Nymphæa alba*, pendant la deuxième cinèse, à cause de leur petitesse; chez le *Nuphar luteum* le nombre paraît rester le même, c'est-à-dire être égal à 17, comme dans la première cinèse.

D'après les observations de M. Guignard (1), les fuseaux, pendant la deuxième division, resteraient droits et réguliers chez le *Nuphar luteum* ; nous avons cependant constaté, chez cette espèce, une courbure tout-à-fait semblable à celle des fuseaux de *Nymphæa alba*. Ce fait montre nettement que la courbure du fuseau doit être attribuée à la position excentrique du noyau, puisqu'elle ne se produit pas au cours de la première cinèse pollinique de *Nuphar luteum*, pendant laquelle le noyau occupe le centre de la cellule.

Les divers stades de l'anaphase rappellent tout-à-fait, pour les deux espèces étudiées, les stades correspondants de la première division. Les deux groupes de chromosomes de *Nymphæa alba* se sont séparés le long des fibrilles; dans chaque groupe, les chromosomes se sont rapprochés, mais sont encore distincts les uns des autres. Le fuseau a la forme d'un cylindre terminé aux deux bouts par un cône. Un peu plus tard, les chromosomes se sont encore rapprochés des pôles et le fuseau a pris une forme bombée.

Chez le *Nuphar luteum*, on observe les mêmes stades et l'on constate de nouveau la vacuolisation des chromosomes, qui commence à la fin du stade de l'anaphase (voir Pl. 3, fig. 48). Chez cette espèce, au stade de la métaphase, quelques chromosomes ont une forme plus ou moins ovalaire, mais d'autres ont également l'aspect de petits bâtonnets légèrement courbés. En coupe transversale du fuseau, les bâtonnets apparaissent souvent disposés les uns au bout des autres, de manière à former une ou plusieurs chaînes plus ou moins contournées. Cet accolement secondaire des chromosomes a été signalé déjà par M. Myiake.

---

(1) Guignard : *Les centres cimétriques* etc. Loc. cit.

A la fin de l'anaphase, chez le *Nymphæa alba*, au moment où les chromosomes sont réunis en une masse chromatique plus ou moins compacte, apparaissent des plaques cellulaires transitoires (voir Pl. 3, fig. 51). Ces plaques sont très caractéristiques de cette espèce, car, chez le *Nuphar luteum*, elles n'apparaissent pas du tout. A ce stade, on voit également se former chez les deux espèces de nouvelles fibrilles qui réunissent les masses chromatiques dans une direction perpendiculaire aux axes des fuseaux (voir Pl. 3, fig. 51).

Ensuite, apparaissent le suc nucléaire et la membrane nucléaire; les jeunes noyaux prennent alors assez rapidement la forme arrondie. Pendant ce temps, les plaques cellulaires transitoires de *Nymphæa alba* disparaissent complètement. Ce fait est très important au point de vue théorique, car il montre que la plaque cellulaire transitoire de *Nymphæa alba* est absolument distincte de la plaque définitive qui se forme plus tard.

Nous avons déjà remarqué plus haut que la plaque cellulaire transitoire, qui apparaît chez le *Nymphæa alba* au stade d'anaphase de la première division, est limitée fréquemment à l'équateur du fuseau et est en relation intime avec les fibrilles de ce dernier. Après la deuxième division, nous rencontrons, comme il vient d'être dit, de nouveau chez le *Nymphæa alba* des plaques transitoires tout-à-fait semblables, limitées à l'équateur des deux fuseaux de la deuxième division; nous sommes donc amenés à les considérer comme ayant la même origine que les précédentes. Il nous paraît probable que ces plaques sont formées par la substance nucléolo-linique, qui constitue les fibrilles du fuseau. Lorsque ces fibrilles se rétractent et disparaissent, leurs portions voisines des pôles sont sans doute employées à constituer, au moins en partie, la linine et le nucléole du nouveau noyau, tandis que celles voisines de l'équateur se condensent sous la forme des granulations.

Un autre argument à l'appui de l'origine nucléaire des plaques précédentes nous est fourni par ce fait qu'elles n'apparaissent jamais dans les fuseaux qui rejoignent les noyaux deux à deux perpendiculairement aux fuseaux de la deuxième division. Les fibrilles de ces nouveaux fuseaux présentent, dès le début, la même coloration que le cytoplasme ; il n'y a aucune raison de leur attribuer une origine nucléaire ; et il est naturel de les considérer comme formées par le cytoplasme. Il nous paraît donc probable qu'à ce stade les deux anciens fuseaux ont disparu et ont été remplacés par *quatre fuseaux nouveaux*, d'origine cytoplasmique.

Or, c'est en relation exclusive avec ces *nouveaux fuseaux* que se forment les plaques cellulaires définitives, qui divisent en quatre la cellule-mère du pollen. Il apparaît donc nettement que la formation de ces cloisons est un phénomène tout-à-fait indépendant de l'apparition des plaques granuleuses transitoires à la fin de chacune des deux cinèses. Quelle est alors la signification de ces dernières ? L'hypothèse qui semble la plus vraisemblable, c'est qu'elles représentent les restes d'une bipartition ancestrale *successive* des cellules-mères du pollen ; cette bipartition, qui existe encore chez les Monocotylédones, aurait disparu pour être remplacé par un phénomène nouveau et apparaissant plus tard dans l'évolution de la cellule-mère, la *bipartition simultanée* ; et c'est en relation avec ce phénomène nouveau et d'apparition plus récente que se seraient différenciés les nouveaux fuseaux d'origine cytoplasmique. Le *Nymphæa alba* nous offre également un très bon exemple pour la distinction des fuseaux nucléaires et des fuseaux cytoplasmiques. Il est à remarquer que, dans ces derniers, les fibrilles sont en connexion intime avec les mailles du cytoplasme et elles paraissent, surtout dans le *Nuphar luteum*, n'être que des fibrilles du cytoplasme, qui ont subi une orientation particulière. Nous sommes amenés ainsi à établir une distinction nette d'origine et de constitution des deux sortes de fuseaux.

On sait que le fuseau peut être formé, pendant la karyokinèse en général, soit par l'orientation progressive des fibrilles du réseau cytoplasmique, ainsi que l'ont montré les travaux de Grégoire et de ses élèves, soit par la transformation d'une partie du cytoplasme et du noyau en substance fibrillaire.(Kinoplasme de Strasburger, linine et nucléole chez *Nymphæa* et *Nuphar*, d'après nos observations). Le *Nymphæa alba* présente le grand intérêt de nous montrer l'existence successive des deux sortes de fuseaux dans une même cellule.

Le stade qui suit celui que nous venons de décrire est caractérisé, chez le *Nymphæa alba*, par la concentration du cytoplasme autour des noyaux. Cette concentration se produit le long des fibrilles cytoplasmiques ; à ce moment, le cytoplasme change d'aspect et devient granuleux. Ensuite, dans l'espace clair abandonné par le réseau cytoplasmique, se forment brusquement les plaques cellulaires. Ce phénomène se produit très rapidement et on n'aperçoit, sur les coupes, que les plaques entièrement formées (voir Pl. 4, fig. 54). Un peu plus tard, les fibrilles prennent un aspect granuleux et se fusionnent peu à peu avec le cytoplasme environnant, de sorte que l'on ne voit plus que de très rares filaments traverser le cytoplasme hyalin adossé à la jeune membrane.

Ultérieurement, les nouvelles membranes commencent à s'épaissir, et nous arrivons au stade des tétrades. Pendant ce temps, à l'intérieur du noyau, le nucléole prend sa forme ronde ordinaire et la masse lino-chromatique se transforme en un réseau fin. Chez le *Nuphar luteum*, les stades correspondants à ceux que nous venons de décrire pour *Nymphæa alba* sont tout-à-fait analogues ; mais on ne voit à aucun moment apparaître des plaques granuleuses transitoires.

On peut résumer les principaux caractères de la deuxième division de la manière suivante :

1° Les noyaux jumeaux commencent à entrer en division sans passer par une phase de repos et sans augmenter leur masse lino-chromatique.

2° Les différents stades de la deuxième cinèse ressemblent beaucoup aux stades correspondants de la première cinèse.

3° Il ne se forme pas de spirème au sens ordinaire du mot ; le filament chromatique prend la forme d'un réseau aux angles duquel sont disposés les chromosomes.

4° Chez le *Nymphæa alba*, à la fin de l'anaphase, apparaît une plaque transitoire d'origine nucléaire qui disparaît pendant la télophase sans se transformer en plaque cellulaire définitive ;

5° A la fin de la télophase se forment les fuseaux spéciaux qui relient les jeunes noyaux deux par deux et qui semblent constitués par l'orientation des fibrilles du réseau cytoplasmique ;

6° Avant la formation des cloisons, la masse cytoplasmique se divise en quatre parties et se condense autour des noyaux, suivant la direction des fibrilles, des fuseaux ;

7° Les cloisons se forment brusquement en divisant toute la cellule-mère pollinique en quatre cellules-filles.

Tétrades. Développement des grains de pollen.

Les jeunes cellules, résultant de la division de la cellule-mère du pollen, prennent chez le *Nymphæa alba* une forme plus ou moins arrondie et commencent à différencier autour d'elles une nouvelle membrane cellulaire. En même temps, les parois de la cellule-mère, ainsi que les cloisons séparatrices, s'accroissent considérablement en épaisseur (voir Pl. 4, fig. 55), puis se dissolvent peu à peu.

La dissolution de la membrane de la cellule-mère se poursuit assez lentement, de sorte que les jeunes grains de pollen commencent à épaissir leurs parois propres, encore enfermés dans la cellule-mère (voir Pl. 4, fig. 56).

Au moment où la dissolution des membranes de la cellule-mère est presque terminée et où il n'en subsiste autour des jeunes grains de pollen que quelques lambeaux, on voit apparaître à la surface de ceux-ci de petites éminences de forme arrondie ou plus ou moins aiguë (voir Pl. 4, fig. 57). En même temps se produit la dissolution des membranes des cellules nourricières.

Ce dernier phénomène commence par la partie de la membrane qui regarde la cavité du sac pollinique, pour se propager ensuite du côté opposé. Ces deux faits conduisent à penser que la substance chimique qui provoque la dissolution des membranes des cellules-mères produit le même effet sur les parois des cellules voisines les plus proches. Après la dissolution des membranes qui regardent la cavité du sac pollinique, le cytoplasme des cellules nourricières se déverse plus ou moins dans cette cavité et enveloppe les jeunes grains de pollen, dont les parois se recouvrent extérieurement de granulations de plus en plus nombreuses et s'épaïssissent rapidement.

L'origine, le développement et la croissance de la membrane du pollen sont actuellement bien connus, grâce aux travaux de divers auteurs, et notamment de Mangin (1), de Strasburger (2) et plus récemment de Beer (1) ; c'est pourquoi nous laisserons de côté l'étude détaillée de ces phénomènes, pour en donner seulement une description générale, d'après les coupes préparées pour l'étude du noyau, et pour signaler les particularités intéressantes qu'ils peuvent présenter. A cet égard, la formation de la membrane du pollen de *Nymphæa alba* mérite d'être signalée. Après la dissolution de la paroi des tétrades, il arrive souvent que les jeunes grains de pollen, quoique libres, restent encore réunis par groupe de quatre, enveloppés plus ou moins par le cytoplasme des cellules nourricières. Dans ce cas, les dents et les grosses granulations qui recouvrent la membrane du pollen se forment seulement du côté extérieur, c'est-à-dire en contact avec le cytoplasme des cellules nourricières (voir Pl. 4, fig. 58). En examinant d'ailleurs, à ce stade, le cytoplasme de ces cellules, on constate qu'il est parsemé à son intérieur de nombreuses granulations présentant la même coloration que celles qui recouvrent la surface du pollen. Il semble donc logique de supposer que ces dernières se sont formées par simple apposition, à la surface de la membrane, de granulations, qui se sont différenciées, au préalable, à l'intérieur du cytoplasme des cellules nourricières.

---

(1) Mangin : *Observations sur le développement du pollen* (Bull. Soc. Bot. Fr. 1889). — *Sur la membrane du grain de pollen mûr* (Bull. Soc. Bot. F., 1889).

(2) Strasburger : *Ueber den Bau und das Wachstum der Zellhaute*, 1882. — *Ueber den Wachstum vegetabilischer Zellhaüte*, 1889. — *Die planzlichen Zellhaüte* (Jahrb. f. Wiss. Bot., 1898).

Un peu plus tard, les grains de pollen se séparent complètement, et sont isolés au milieu du sac pollinique, et entourés de toutes parts par le cytoplasme des cellules nourricières ; la membrane devient de plus en plus épaisse, les granules et les dents augmentent de volume et toute la cellule s'accroît.

Le rôle des petites saillies que présente la membrane du pollen à la fin de la dissolution de la membrane de la cellule-mère est un peu obscur ; il nous semble cependant assez probable qu'elles représentent les points où se déposeront ensuite les grosses granulations provenant du cytoplasme des cellules nourricières. Il arrive parfois que ces petits granules primitifs n'apparaissent pas du tout, et, dans ce cas, le cytoplasme des cellules nourricières dépose les granules et les dents sur la membrane du pollen (voir Pl. 4, fig. 58) sans avoir aucun point préalablement marqué. Dans tous les cas, les granules de la membrane pollinique de *Nymphæa alba* sont ordinairement formés par le cytoplasme des cellules nourricières. Pendant tout ce temps, le noyau possède un réseau lino-chromatique fin. On observe des phénomènes analogues chez le *Nuphar luteum.* L'épaississement, puis la dissolution des membranes de la cellule-mère du pollen, se produisent chez cette espèce plus lentement que chez le *Nymphæa alba.* Les jeunes cellules polliniques encore enfermées dans leur enveloppe de callose, ont déjà différencié profondément leur membrane, qui porte de longues et fines dents (voir Pl. 4, fig. 60).

---

(1) Beer : *On the development of the pollen grains and anther of some Onagracæ* (Beihefte Zum Bot. Centralb., XIX, 1906).

A la fin de la dissolution de la membrane de la cellule-mère, le jeune grain de pollen a augmenté de volume assez considérablement, et sa membrane est déjà fortement développée (voir Pl. 4, fig. 61).

Après la disparition complète de l'enveloppe de callose, les membranes des cellules nourricières, qui regardent l'intérieur du sac pollinique, se dissolvent également, et le cytoplasme de ces cellules se déverse dans la cavité du sac pollinique et enveloppe les jeunes grains de pollen (voir Pl. 4, fig. 62), qui s'accroissent rapidement.

En somme, chez le *Nuphar luteum*, toutes les parties de la membrane sont déjà différenciées dans la cellule-mère au stade des tétrades et le cytoplasme des cellules nourricières contribue seulement à leur accroissement ultérieur. Comme chez le *Nymphæa alba,* le noyau du *Nuphar luteum* possède pendant toute cette période un réseau lino-chromatique fin.

Nous avons remarqué que les noyaux des grains de pollen se reconstituaient à la fin de la deuxième cinèse avec une masse chromatique quantitativement à peu près égale à celle avec laquelle se reconstituent, à la télophase, les deux noyaux issus de la division d'un noyau végétatif ; depuis ce stade, jusqu'à la troisième cinèse, les noyaux des jeunes grains de pollen, dont la grosseur est au début un peu inférieure à celle du noyau au repos d'une cellule végétative, vont en s'accroissant d'une manière continue en augmentant leur masse chromatique. Pour nous faire une idée de cet accroissement, nous avons mesuré les volumes de ces noyaux à deux états bien déterminés : 1° au stade des tétrades, juste après la formation des membranes particulières des grains de pollen ; 2° au stade qui précède immédiatement la troisième cinèse. Nous avons choisi ces deux stades, parce qu'ils présentent deux états de développement, faciles à reconnaître, bien déterminés, et bien précis. Voici les diamètres des noyaux et des cellules dans le tissu reproducteur et dans le parenchyme végétatif des étamines.

Nymphæa alba. — Tétrades

DIAMÈTRES DES NOYAUX		DIAMÈTRES DES CELLULES	
Végétatifs	Reproducteurs	Végétatives	Reproductrices
8.0 µ	7.6 µ	29.5 µ	15.3 µ

Nuphar luteum. — Tétrades.

DIAMÈTRES DES NOYAUX		DIAMÈTRES DES CELLULES	
Végétatifs	Reproducteurs	Végétatives	Reproductrices
9.2 µ	8.7 µ	33.0 µ	18.3 µ

Pour le stade du grain de pollen avant la troisième cinèse, nous avons mesuré seulement les diamètres des noyaux et des cellules du pollen.

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
DIAMÈTRES DES			
Noyaux	Cellules	Noyaux	Cellules
10.4 µ	26.1 µ	13.4 µ	30.1 µ

Comparons maintenant les diamètres moyens des éléments mesurés, obtenus pour les deux derniers stades, avec les diamètres des mêmes éléments à la fin de la première cinèse ; nous aurons :

Nymphæa alba

TISSU VÉGÉTATIF		TISSU REPRODUCTEUR	
Noyaux	Cellules	Noyaux	Cellules
Fin de la première cinèse			
8,0 µ	29,3 µ	11,7 µ	31,1 µ
Tétrades			
8,0 µ	29,5 µ	7,6 µ	15,3 µ
Grains de Pollen. Stade précédant la troisième cinèse			
»	»	10,4 µ	26,1 µ

Nuphar luteum

TISSU VÉGÉTATIF		TISSU REPRODUCTEUR	
Noyaux	Cellules	Noyaux	Cellules
Fin de la première cinèse			
9,1 µ	31,7 µ	12,8 µ	33,6 µ

Tétrades			
9,2 μ	33,0 μ	8,7 μ	18,3 μ
Grains de Pollen. Stade précédant la troisième cinèse			
»	»	13,4 μ	30,1 μ

Comme on le voit d'après les chiffres ci-dessus, les noyaux et les cellules du parenchyme végétatif, chez les deux espèces étudiées, conservent sensiblement les mêmes dimensions. Dans le tissu reproducteur, au contraire, les noyaux éprouvent une diminution considérable comme résultat de la deuxième division. Si nous prenons le rapport des volumes des noyaux jumeaux, après la première cinèse, à ceux des noyaux au stade des tétrades, nous aurons :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
3,6/1	3,2/1

Les volumes des noyaux sont donc devenus plus de trois fois plus petits.

Si nous prenons maintenant le rapport des volumes des noyaux au stade des tétrades à ceux des noyaux végétatifs, nous obtenons :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
1/1,2	1/1,2

Les noyaux reproducteurs sont donc devenus plus petits que les noyaux végétatifs. Comme au stade des tétrades, où ces mesures ont été faites, le volume des noyaux est sensiblement plus grand qu'au moment de la formation des cloisons dans les cellules-mères, on voit que cette conclusion est vraie, *a fortiori*, si l'on considère les noyaux à ce dernier stade, c'est-à-dire immédiatement à la fin de la deuxième cinèse.

On voit ainsi que la deuxième cinèse diffère sensiblement de la première. Celle-ci était caractérisée par la formation de noyaux jumeaux, dont le suc nucléaire et la masse chromatique avaient un volume moitié moindre que dans le noyau de la cellule-mère. Après la deuxième cinèse, la masse chromatique est bien devenue moitié moindre que dans les noyaux jumeaux, mais le volume total du noyau est devenu trois à quatre fois plus petit ; il faut donc en conclure que le suc nucléaire a diminué dans une proportion beaucoup plus considérable que la masse chromatique, et qu'il est devenu même moins abondant que celui des noyaux végétatifs, qui possédant à peu près la même masse chromatique, ont un volume plus considérable.

La deuxième cinèse est donc suivie d'une réduction de volume du noyau, mais qui porte exclusivement sur le suc nucléaire et qui, par conséquent, ne peut être interprétée dans le sens d'une réduction au point de vue chromatique.

D'ailleurs, cette réduction de volume du noyau n'est que temporaire ; pendant les stades suivants du développement, les noyaux reproducteurs grossissent, en effet, d'une manière constante jusqu'à la troisième cinèse.

Prenons immédiatement avant cette division les rapports des volumes des noyaux à ce stade à celui des noyaux reproducteurs au stade des tétrades et à celui des noyaux végétatifs.

Le rapport des volumes des noyaux du grain de pollen au stade qui précède la troisième cinèse à celui des noyaux au stade des tétrades est de :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
2.6/1	3.6/1

Le rapport des volumes des noyaux des grains de pollen au stade qui précède la troisième cinèse à celui des noyaux végétatifs est d'autre part égal à :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
2.2/1	3.1/1

On voit que les noyaux reproducteurs, malgré la réduction de volume produite par la deuxième cinèse, ont augmenté considérablement ; ils sont devenus sensiblement égaux aux noyaux jumeaux provenant de la première cinèse et sont de deux à trois fois plus gros que les noyaux végétatifs.

Un second fait, qu'il importe de signaler, c'est que les cellules polliniques, provenant de la quadripartition simultanée de la cellule-mère, sont, au moment de la formation de leur membrane propre, plus petites que la quatrième partie de cette cellule. Prenons, en effet, à ce stade le rapport du volume de la cellule-mère, à la fin de la première cinèse, à celui de la cellule pollinique au moment de la formation de sa membrane propre ; nous aurons :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
8.3/1	6.2/1

Il en résulte que, depuis la fin de la deuxième cinèse, les cellules ont subi une diminution de volume considérable ; mais, à partir du moment où se forme leur membrane propre, cette réduction cesse ; les jeunes cellules polliniques commencent à augmenter de volume très rapidement et, au stade qui précède immédiatement la troisième cinèse, elles ont déjà des volumes voisins de ceux des cellules-mères primitives. A ce stade, le rapport des volumes des cellules polliniques à ceux des mêmes cellules au moment de la formation de leur membrane propre est égal à :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
4,9/1	4,5/1

Le rapport correspondant pour les noyaux donne les résultats suivants :

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
2/6,1	3,6/1

On voit donc que, pendant cette période, le volume de la cellule s'accroît plus rapidement que celui du noyau.

Prenons maintenant les rapports des volumes des noyaux à ceux des cellules pour les trois derniers stades :

Nymphæa alba		***Nuphar luteum***	
Tissu végétatif	Tissu reproduct.	Tissu végétatif	Tissu reproduct.
	Fin de la première cinèse		
1/49	1/18	1/42	1/18
	Tétrades		
1/50	1/8,1	1/46	1/9,3
	Grains de pollen. Stade précédant la troisième cinese		
»	1/16	»	1/11,3

On voit d'après ce tableau que le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire varie peu dans le tissu végétatif et reste sensiblement le même chez les deux espèces étudiées.

Dans le tissu reproducteur, les rapports entre les mêmes éléments sont toujours très grands en comparaison du tissu végétatif. On constate en outre que, pendant le temps qui s'écoule de la fin de la première cinèse jusqu'à la formation des grains de pollen isolés dans la cellule-mère, le rapport de la masse nucléaire à la masse de la cellule a légèrement augmenté.

On peut résumer cette étude des tétrades et du développement du grain de pollen comme il suit :

1° La deuxième cinèse pollinique provoque une diminution considérable du volume des noyaux reproducteurs, qui deviennent environ 3,5 fois plus petits que les noyaux jumeaux dont ils proviennent, bien que possédant une masse chromatique seulement moitié moindre. Ces noyaux ont un volume plus petit que celui des noyaux végétatifs, quoique renfermant une masse chromatique au moins égale.

2° Les noyaux provenant de la deuxième cinèse grossissent d'une manière continue jusqu'au début de la troisième division et deviennent même 2,2 fois chez le *Nymphæa alba* et 3 fois chez le *Nuphar luteum* plus gros que les noyaux végétatifs correspondants.

3° Au point de vue morphologique, pendant tout le temps qui s'écoule entre la formation des cloisons dans la cellule-mère et le début de la troisième division, les noyaux présentent les caractères de noyaux au repos ;

4° Chacune des quatre cellules qui proviennent de la quadripartition de la cellule-mère est, au stade des tétrades, plus petite que le quart du volume de cette dernière; il se produit en même temps que la formation des cloisons, une contraction de la masse protoplasmique à laquelle correspond le grand épaississement des parois cellulaires ;

5° A partir de la formation de la membrane propre de chaque grain de pollen, le volume de la cellule s'accroît énormément et plus rapidement que celui du noyau ; malgré cette différence de croissance, le rapport entre la masse nucléaire et la masse cellulaire reste encore trois fois plus grand chez les deux espèces dans les grains de pollen que dans les cellules végétatives.

(A suivre).

REVUE DES TRAVAUX

SUR LES CHAMPIGNONS

PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES

parus de 1898 à 1906 (*Suite*)

Raciborski (1), qui a suivi avec soin l'action des agents extérieurs sur la croissance du *Basidiobolus ranarum*, a montré aussi que la formation des œufs était influencée par certains facteurs indépendants du champignon. Ici, comme c'est le cas pour beaucoup d'autres Cryptogames inférieures, le manque de nourriture résultant de l'épuisement du milieu provoque l'apparition de la sexualité. De même que pour les Mucorinées, la concentration du milieu nutritif a aussi son importance. Ainsi, dans une solution de peptone à 1 o/o et à la température ordinaire, la formation des œufs est régulière, par contre, elle s'arrête totalement si la proportion de peptone atteint 6 o/o ou encore si la température s'élève à 30°. Les milieux à la glycérine produisent des effets analogues. Dans de semblables cultures à forte concentration ou à température élevée, les cellules du champignon changent leur mode de cloisonnement, ne se conjuguent plus, s'isolent et épaississent leur membrane. Elles présentent un aspect que Raciborski compare au stade *Palmella* de certaines algues inférieures. La formation des œufs reprend quand on revient aux conditions normales.

L'auteur a en outre suivi les diverses phases du phénomène de fécondation et il a étudié en particulier la fusion des noyaux. Chmielewski avait déjà montré que les noyaux copulateurs se fusionnaient après être restés longtemps accolés. Raciborski a constaté que les noyaux peuvent rester en contact, mais distincts, pendant 12 jours et qu'on peut à volonté retarder ou précipiter leur fusionnement en ajoutant au milieu des aliments nutritifs ou, au contraire, en desséchant les cultures. Ces curieux résultats sont à rapprocher de ceux des faits semblables signalés par Klebahn dans les Algues conjuguées et par Ruckert dans la fécondation des *Cyclops*. Ils paraissent aussi à l'auteur être du même ordre que ceux qu'il a découverts en même temps que Dangeard, et

---

(1) Raciborski. — *Ueber den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Wachsthumweise des Basidiobolus ranarum* (Flora 1896).

Sappin-Trouffy dans les Urédinées et les Basidiomycètes où des noyaux conjugués poursuivent leurs divisions à travers plusieurs générations de cellules avant de se fusionner. Nous aurons l'occasion de revenir sur ces faits à propos des Basidiomycètes. En tous cas, ces observations sur le *Basidiobolus*, jointes à celles que nous avons déjà signalées dans les groupes précédents, montrent que la conception de la fécondation, définie par la fusion synchronique de deux protoplasmes et de deux noyaux ne saurait s'appliquer au *Basidiobolus* et aux formes analogues.

Le *Basidiobolus* est donc une forme à part parmi les Entomophthorées et aussi parmi le groupe des Champignons. Raciborski conclut de l'ensemble de ses recherches qu'il faut le rapprocher des Cryptogames monocellulaires vivant en colonie, en particulier des Algues.

Fairchild (1), qui a étudié avec soin la cytologie du *Basidiobolus*, croit que c'est avec les spirogyres qu'il a le plus d'affinités. Il fonde son opinion sur la structure du noyau et sur son mode de division pendant la mitose qui précède la fécondation. Le noyau, pourvu d'une membrane, renferme en son centre un gros nucléole vacuolaire et montre un fin réseau de chromatine. Il vient se loger dans le bec des cellules copulatrices et y subit une division d'une nature spéciale. La chromatine se rassemble au centre tandis que la nucléole disparaît pour constituer le fuseau.

Celui-ci a une forme particulière rappelant celle des mitoses des Spirogyres ; il est en forme de tonneau, les filaments achromatiques restant à peu près parallèles au lieu de converger vers les pôles. Les chromosomes, en grand nombre, se rassemblent en une plaque équatoriale et se séparent sans se diviser, d'où résulte une réduction chromatique. Les deux noyaux fils reconstituent un nucléole et un réseau chromatique ; la membrane de séparation entre la cellule-mère et le bec se formerait aux dépens du fuseau comme dans les plantes supérieures. L'auteur a mal vu la fusion des noyaux : il la tient cependant pour démontrée à cause de la présence constante de deux nucléoles dans un même noyau.

Ces résultats ont été complétés et précisés plus récemment par Lœwenthal et Voycicki.

Lœwenthal (2) étudie le *Basidiobolus lacertæ* qu'il croit pouvoir identifier au *B. ranarum* de Eidam. Dans cette forme la structure des noyaux et leur mode de division sont différents de ceux qu'a observés Fairchild. Pour nous en tenir à la division qui précède la fécondation, l'auteur constate qu'elle a lieu sans l'intervention de filaments achromatiques ; la masse nucléaire prend la forme d'un cylindre sur lequel la chromatine se dispose comme un anneau. L'anneau se dédouble, les moitiés se séparent et le cylindre s'étrangle entre les deux en prenant la forme d'un sablier dont les deux renflements s'isolent pour reconstituer deux noyaux. Cette sorte de division nucléaire, qui tient à la fois de la division directe et de la division indirecte, ne se retrouve nulle part ailleurs dans le règne végétal et rappelle à l'auteur ce qui se passe chez beaucoup de Protistes.

---

(1) Fairchild : *Ueber Kerntheilung und Befruchtung bei Basidiobolus ranarum Eid.* (Pringheim's Jahrb. XXX, 1896).

(2) W. Lœwenthal : *Beiträge zur Kentniss des Basidiobolus Lacertæ.* (Archiv. fur Protistenkunde. 1903).

Lœwenthal insiste aussi sur le fait, connu seulement pour certains Protistes, que, le plus souvent, les cellules copulatrices sont sœurs. A la vérité, ces deux cellules, avant de se fusionner, isolent chacune une cellule fille, la cellule du bec, de sorte que les deux noyaux qui entreront en conjugaison ne sont plus comparables à deux noyaux issus par simple division d'un même noyau origine. Leur parenté n'en est pas moins très rapprochée, et cette nouvelle particularité des *Basidiobolus* nous éloigne encore de la conception classique de la fécondation, où les noyaux qui se fusionnent sont toujours regardés comme d'origine très différente.

Enfin, Lœwenthal remarque que les noyaux des cellules copulatrices subissent une seule division avant la fusion. Il en rapproche les cas de parthénogénèse où l'ovule, qui se développe sans le secours de l'élément mâle, émet un premier globule polaire, mais retient le second.

Cette dernière conception ne paraît pas répondre aux faits, car Voycicki (1) a reconnu que le noyau des cellules copulatrices subit une double division par mitose. Les noyaux surnuméraires ainsi produits se rendent dans la cellule du bec et y dégénèrent. Il reste un noyau dans chaque cellule mère. Après le passage du noyau mâle au travers de la membrane de séparation, les deux noyaux copulateurs subissent encore une ou plusieurs divisions, directes cette fois. Ces nouveaux noyaux se résorbent, sauf deux qui se fusionnent. Si ces derniers faits sont confirmés, il faut en conclure que le *Basidiobolus* rentre dans la règle générale relative à l'émission des globules polaires et que, si les cellules copulatrices sont sœurs, les noyaux qu'elles renferment finalement sont d'un degré de parenté assez éloigné. Il n'en subsiste pas moins que la fécondation est ici d'un type très spécial. Nous allons trouver, dans les groupes suivants, des faits très curieux qui ont aussi contribué à changer les notions généralement admises sur la fécondation.

II. — Basidiomycètes.

Tant qu'on s'est contenté d'étudier les champignons au point de vue de la morphologie externe, la théorie de la sexualité des Basidiomycètes n'a pu être soutenue par des arguments de quelque valeur. L'absence d'organes différenciés pouvant jouer un rôle sexuel rendait hypothétiques toutes les affirmations dans ce sens. **Ærsted** (1865) et **Karsten** (1866) avaient cru constater à l'origine du développement du chapeau de certains Agarics la présence d'un œuf d'où serait dérivé tout l'appareil sporifère. Mais ces observations ne furent pas confirmées. Les travaux de Tulasne, qui avait constaté qu'un grand nombre de Champignons, et en particulier les Tremellinées et les Urédinées, produisaient régulièrement des spermaties, avaient fait penser que ces petites spores pouvaient jouer le rôle d'un organe mâle, mais il fut bientôt démontré (Cornu, Van Tieghem, Brefeld) que ces prétendus organes mâles pouvaient germer et reproduire à eux seuls le Champignon. Aussi cette théorie fut bientôt abandonnée et l'école de De Bary elle-même ne fit aucune tentative pour étendre aux Basidiomycètes le bénéfice de la fécondation qu'elle attribuait aux Ascomycètes.

---

(1). T. Voycicki : *Einige neue Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von Basidiobolus ranarum* (Flora, XCIII, 1904).

Ce n'est qu'à partir des premiers travaux de Dangeard et Sappin-Trouffy (1893) sur les Urédinées que la notion de fécondation s'introduit dans le groupe des Basidiomycètes et sous une forme tout à fait nouvelle dans la science. Ces auteurs constatent que la plupart des cellules des Urédinées renferment deux noyaux, aussi bien dans les parties végétatives que dans les spores (écidiospores, urédospores ou jeunes téleutospores). Mais, dans les téleutospores, les deux noyaux se fusionnent en un seul, et les auteurs considèrent cette fusion comme une véritable fécondation : la cellule mononucléée qui en résulte est un œuf qui germe en un promycélium.

Les auteurs se hâtent de vérifier la généralité du fait sur lequel repose cette théorie. Pendant que **Sappin-Trouffy** étend ses premiers résultats à l'ensemble des Urédinées, **Dangeard** signale des faits analogues dans les Ustilaginées (1894) et, dès ce moment (1895), applique sa théorie à l'ensemble des Basidiomycètes et des Ascomycètes, dont il étudie de nombreux types. Partout, dans la baside comme dans l'asque jeunes, il constate la présence de deux noyaux qui se fusionnent en un seul et il attribue à ce phénomène la valeur d'une véritable fécondation en montrant que les deux noyaux reproducteurs, quoique contigus dans une même cellule, ont une origine différente et ne résultent pas d'une mitose immédiatement antérieure à la fécondation.

Poirault et **Raciborski**, après une première interprétation de ces faits, bientôt reconnue fausse, confirment les résultats de Dangeard et Sappin-Trouffy relativement à l'existence de doubles noyaux dans les Urédinées, mais se refusent à voir une véritable fécondation dans la fusion qui survient dans la téleutospore. D'après eux, les chromosomes des noyaux resteraient distincts dans les divisions successives, sauf cependant dans la téleutospore, où ils se fusionneraient, comme cela arrive à chaque anaphase, dans les divisions mitotiques ordinaires. Toutefois Raciborski, ayant étudié la fécondation dans le *Basidiobolus*, 1896), en rapproche le cas des Urédinées. (Voir, plus haut, le paragraphe relatif aux Entomophthorés.)

Dans les Urédinées (et aussi dans l'ensemble des Basidiomycètes), la fécondation commencerait au moment où apparaît le double noyau, c'est-à-dire dans l'écidie. Les deux noyaux reproducteurs resteraient accolés sans se fusionner pendant une longue suite ininterrompue de divisions cellulaires allant jusqu'à la téleutospore. C'est à ce moment que le dernier acte de la fécondation, la fusion des deux noyaux, se produirait pour donner un œuf ou zeugite, qui serait le commencement d'une nouvelle génération débutant par la formation d'un sporocarpe, asque ou baside. La fécondation comprendrait donc deux stades séparés par un long intervalle de temps.

Ces travaux appellent l'attention sur les phénomènes nucléaires chez les Basidiomycètes et les mémoires se multiplient sur la question. G. de Istvanffi (1) étend ses recherches à un grand nombre de types d'Urédinées, Treméllacées, Hymenomycètes, mais n'en tire aucune conclusion générale. Sappin-Trouffy (2) publie à ce moment son travail d'ensemble sur les Urédinées et établit la généralité de ses premières conclusions relatives à ce groupe. Le noyau des Urédinées possède deux chromosomes. De l'écidie à la téleutospore, chaque cellule renferme deux noyaux semblables qui se divisent simultanément. Dans la téleutospore, ils se fusionnent avec réduction chromatique, ce qui, aux yeux de Sappin-Trouffy, prouve nettement la signification sexuelle de cette fusion.

Juel (3) confirme la présence d'un double noyau à l'origine de la baside des *Muciporus* et leur fusion ultérieure. Peu après, dans un mémoire plus étendu (4) il fait l'étude soignée des divisions nucléaires dans les promycéliums d'Urédinées, les protobasides et les basides, d'où il tire une nouvelle classification de l'ensemble des Basidiomycètes.

Perrot (5), se fondant sur la grande différence des noyaux végétatifs et des noyaux de la baside, admet entièrement les idées de Dangeard.

Encouragé par ces adhésions Dangeard (6) publie une théorie générale de la sexualité, dans laquelle il fait entrer les Champignons et, notamment, les Basidiomycètes.

---

(1) G. de Istvanffi : *Ueber die Rolle der Zellkerne bei der Entwicklung der Pilze* (Ber. d. d. bot. Gesell. 1895).

(2) Sappin-Trouffy : *Recherches histologiques sur la famille des Urédinées*, (Le Botaniste, 1896).

(3) Juel : *Muciporus und die Familie der Tulasnellaceen* (Bihang till Svenska Vet. Acad. Handl. XXIII, 1897).

(4) Juel: *Die Kerntheilungen in den Basidien und die Philogenie der Basidiomyceten* (Bihang till Svenska Vet. Acad. Handl. XXIV, 1898).

(5) Perrot : *Kernfrage und sexualität bei den Basidiomyceten* (Stuttgart, 1897).

(6) Dangeard : *Théorie de la sexualité.* (Le Botaniste, 1898).

Toutefois, ses idées rencontrent encore quelque résistance. **Wager** (1), dans une revue générale des travaux sur la sexualité des Champignons, reconnaît que la formation des spores dans les Champignons supérieurs est toujours précédée de fusions nucléaires. Il affirme même que, dans la jeune baside, il peut y avoir fusion de deux à huit noyaux. Il refuse cependant d'admettre que ces karyogamies sont morphologiquement sexuelles : il convient seulement qu'elles sont physiologiquement équivalentes à une fécondation.

Percy Groom (2), s'éloignant encore plus de l'opinion de Dangeard, voit dans ces phénomènes le type d'un nouveau mode de fécondation, sans rapport avec celui des plantes supérieures, et le nomme *deutérogamie*. Aussi **Dangeard** (3) réaffirme bientôt son opinion primitive dans une revue critique des travaux précédents.

Toute cette polémique, dans le détail de laquelle nous ne pouvons entrer, repose, en ce qui concerne les Basidiomycètes proprement dits, sur les premiers travaux de Wager, de Dangeard de Juel, qui ont été faits d'une façon un peu éparse et qui ne sont pas toujours concordants. Le besoin se fait sentir d'une étude plus étendue et plus précise des faits qui ont provoqué les théories qui mettent aux prises les mycologues. Aussi deux mémoires importants ne tarderont pas à paraître, qui seront, pour les Basidiomycètes proprement dits, ce qu'a été le mémoire de Sappin-Trouffy pour les Urédinées. Le premier en date est celui de Ruhlandt ; le second, celui de Maire, plus important et plus étendu, paraît peu après, annoncé d'ailleurs dans ses résultats principaux par de nombreuses notes, antérieures, pour la plupart, au mémoire de Ruhland.

---

(1) Th. Wager : *The sexuality of the Fungi* (Ann. of Bot., XIII, 1899).

(2) Percy Groom : *On the fusion of nuclei among Plants* (Trans. and Proceed. of the Bot. Soc. of Edimburg, Déc. 1898).

(3) Dangeard : *La reproduction sexuelle des Champignons* (Le Botaniste, 1900).

(A suivre). **I. Gallaud.**

450 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

RÉCENTES PUBLICATIONS BOTANIQUES

Blakeslee A.-F. : *The biological signifiance and control of dex* (Science, XXV, mars 1907).

Harper R.-A. : *Sex-determining Factors in plants* (id.).

Blakeslee A.-F. : *Heterothallism in Bread Mold, Rhizopus nigricans* (Bot. gazette, juin 1907).

Elenkin A.-A. : *Une nouvelle espèce de Mousses dans les serres du jardin impérial botanique de St-Pétersbourg.* — [Fissidens Waldheimii] (Bull. jard. impérial de St-Pétersbourg (1907).

Fleroff A. : *Bericht über pflanzen-geographische Untersuchungen der Vegetation des Oka Gebietes im Jahve 1906* (id.).

Pohle Richard : *Beiträge zur Kenntnis der Flora von Nordrussland* (id.).

Monteverde N.-A. : *Ueber das Absorptionsspectrum des Protochlorophylls* (id.).

M. Tswett : *Zur Chemie des Chlorophylls. Ueber Phylloxanthin, Phyllocyanin und die chlorophyllane* (Biochemische Zeitschrift, V, 1907).

Watson D.M.S. : *On a confusion of two species* (Lepidodendron Harcourtii *and* L. Hickii sp. nov.) *under* Lepidodendron Harcourtii (Memoires and Proceedings of the Manchester literary and Philosophical Society, vol. 51, Part. III, 1906-1907).

Weiss F.-E. : *The Parichnos in the Lepidodendraceæ* (id.).

George Harrison Shull : *The significance of latent characters some latent characters of a White Bean* (Science 1907).

Id. : *Elementary species and hybrids of Bursa* (id.).

Von Tubeuf : *Die Mistel*, Viscum album (Natura Zeitsch. für Land und Forstwirtschaft, p. 92, 1907).

Id. : *Die Varietäten oder Rassen der Mistel* (id. p. 321).

Id. : *Infektionsversuche mit Loranthus europæus* (id. p. 341).

Id. : *Beitrag zur Biologie der Mistelkeimlinge* (id. p. 342).

Id. : *Das parasitieren der Loranthaceen auf der eigenen Art oder anderen Loranthaceen* (id. p. 349).

Id. : *Reproduktion der Mistel* (id. p. 355).

Heinricher : *Beiträge zur Kenntnis der Mistel* (id. 357).

Von Tubeuf : *Kultur von Loranthaceen im botanischen Garten* (id. p. 383).

Id. : *Ueberwinterndes Mycel des Apfelrostes* (id. p. 383).

Berthelot Albert : *Sur l'emploi de la Phytine comme source de phosphore pour les végétaux inférieurs* (C. R. Société Biologie, p. 192, 1907).

Sartory A. : *Sur le polymorphisme du Muguet* [Endomyces albicans] (id. p. 178).

Mottier D. M. : *The Development of the heterotypic Chromosomes in Pollen Mother-cells* (Ann. of Bot., juill. 1907, p. 309).

Fraser, H. C. I. : *On the Sexuality and Development of the Ascocarp in* Lachnea stercorea *Pers* (id. p. 349).

Clark, A. M. : *Secondary Thickening in* Kendrickia Walkeri *Hook. f.* (id. p. 361).

Hickling G. : *The anatomy of* Palæostachya vera (id. p. 369).

Bayliss, Jessie S. : *On the Galvanotropism of roots* (id. p. 387).

Priestly, J. H., and Irving, Annie A. : *The structure of the chloroplast considered in relation to its Function* (id. p. 407).

Ridley, H. N. : *Branching in Palms* (id. p. 415).

Fritsch, F. E. and Rich, Florence : *Studies on the Occurence and Reproduction of British Freshwater Algae in Nature.* — Preliminary observations on Spirogyra (id. p. 423).

Scott, Daisy G. : *On the Distribution of chlorophyll in the Young Shoots of Woody Plants* (id. p. 437).

Reginald Ruggles Gates : *Hybridization and germ cells of* Œnothera *Mutants* (Botanic. Gazette, juill. 1907, p. 1).

Holm Theo : *Morphological and anatomical studies of the vegetative Organs of* Rhexia (id. p. 22).

Burlingame L. : *The Sporangium of the Ophioglossales* (id. p. 34).

Alma G. Stokey : *The roots of Lycopodyum pithyoides* (id. p. 57).

Verschaffelt E. : *Réactions cicatricielles chez les Amaryllidées* (Recueil travaux Bot. Néerl., IV, 1907).

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Novembre 1907

N° 227

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 NOVEMBRE 1907

Pages

I. — SUR LES RÉSERVES HYDROCARBONÉES DU MAHONIA ET DU LAURIER TIN, par **M. Leclerc du Sablon** 465

II. — RECHERCHES CYTOLOGIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CELLULES-MÈRES DU POLLEN CHEZ LES NYMPHÉACÉES (avec planches), par **MM. W. Lubimenko** et **A. Maige** (*fin*) . . 474

III. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES, parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Galland** (*Suite*) 507

PLANCHE CONTENUE DANS CETTE LIVRAISON

PLANCHE 5. — *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Grains de pollen avec noyau en voie de division (3^{me} cinèse).

Cette livraison renferme en outre vingt et une figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques

DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE

MÉDAILLE D'OR A l'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à **Gretz-sur-Loing (S.-M.).**

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

E. LEITZ WETZLAR

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de **E. LEITZ**

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS

POULENC FRÈRES

FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS

Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS

Succursale : 122, Boulevard St-Germain

Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

**Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie**

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

LE MONDE VÉGÉTAL

PAR

GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR A LA SORBONNE

« L'ouvrage que vient de rédiger M. Gaston Bonnier n'est pas, à proprement parler, un livre de Botanique.

Dans *Le Monde Végétal* l'auteur, avant tout, expose les faits qui éclairent la philosophie des sciences naturelles; il y passe en revue la succession des idées que les savants ont émises sur les végétaux; il les commente et il les discute.

L'Histoire de la fleur, la constitution des grands groupes, les passages que ceux-ci présentent entre eux, les progrès gradués dans l'Étude des Cryptogames sont les principaux sujets traités dans la première partie de cet ouvrage.

La Notion de l'espèce, la comparaison avec les animaux; les grandes questions modernes, telles que le Transformisme expérimental, la Création actuelle des espèces par mutation, les changements obtenus dans la forme des êtres par la réalisation artificielle de diverses conditions climatériques, etc., sont traités dans la seconde partie qui se termine par un chapitre sur la génération spontanée.

Avec M. Gaston Bonnier, ces questions si importantes pour la Biologie générale deviennent faciles à saisir jusque dans leur essence la plus délicate.

Un style alerte, des descriptions accompagnées de nombreuses figures et surtout une admirable clarté, sont les caractéristiques de ce livre original et intéressant. »

En vente à la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, Rue Dante – PARIS

1 vol. illustré de 230 figures

Prix : 3 fr. 50 (*Franco*, **3 fr. 85**).

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Flore des Serres et Jardins de l'Angleterre, présentant toutes les plantes récemment introduites en Angleterre, et que font successivement connaître les ouvrages périodiques publiés sous les titres de *Botanical Magazine*, *Botanical Register*, *British Flower Garden*, publ. sous la direction de M. Drapiez. Brux. et Paris, 1833-38. 6 vol. fol. av. 232 pl. col. rel. . . . **300 fr.**

Lecoq, **De la fécondation naturelle et artificielle des végétaux et de l'hybridation**, 1862, 425 p., 106 fig., col. rel. **15 fr.**

Marsilly, **Cat. des plantes vasc. ind. ou cult. en Corse**, 1872, 203 p. . . **15 fr.**

Mas et Pulliat, **Le Vignoble, ou hist., cult. et descript. des Vignes à raisins de table et de cuve, les plus généralement connues.** 1874-79. 3 vol. avec 288 pl. col. . . . . **150 fr.**

Saussure, **T. de Rech. chimiques sur la végétation.** 1804, 327 p. tabl. . **15 fr.**

Lacordaire et Chapuis, **Genera des Coléoptères.** 1854-1876. 12 tomes en 14 part., av. atlas de 134 pl. col. en 14 vol. rel. **200 fr.**

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER

Professeur de Botanique à la Sorbonne

Membre de l'Institut

ALBUM

DE LA

NOUVELLE FLORE

REPRESENTANT

Toutes les espèces de Plantes

photographiées directement d'après nature

au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2.028 Photographies

Prix : Broché . . . 4 fr. 75
Relié . . . . 5 fr. 25

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement

1, rue Dante, PARIS (Ve)

Prix : *franco*, broché . . 5 fr. 20
franco, relié . . 5 fr. 75

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes

PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS

TÉLÉPHONE 729-27

Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères, Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie.**

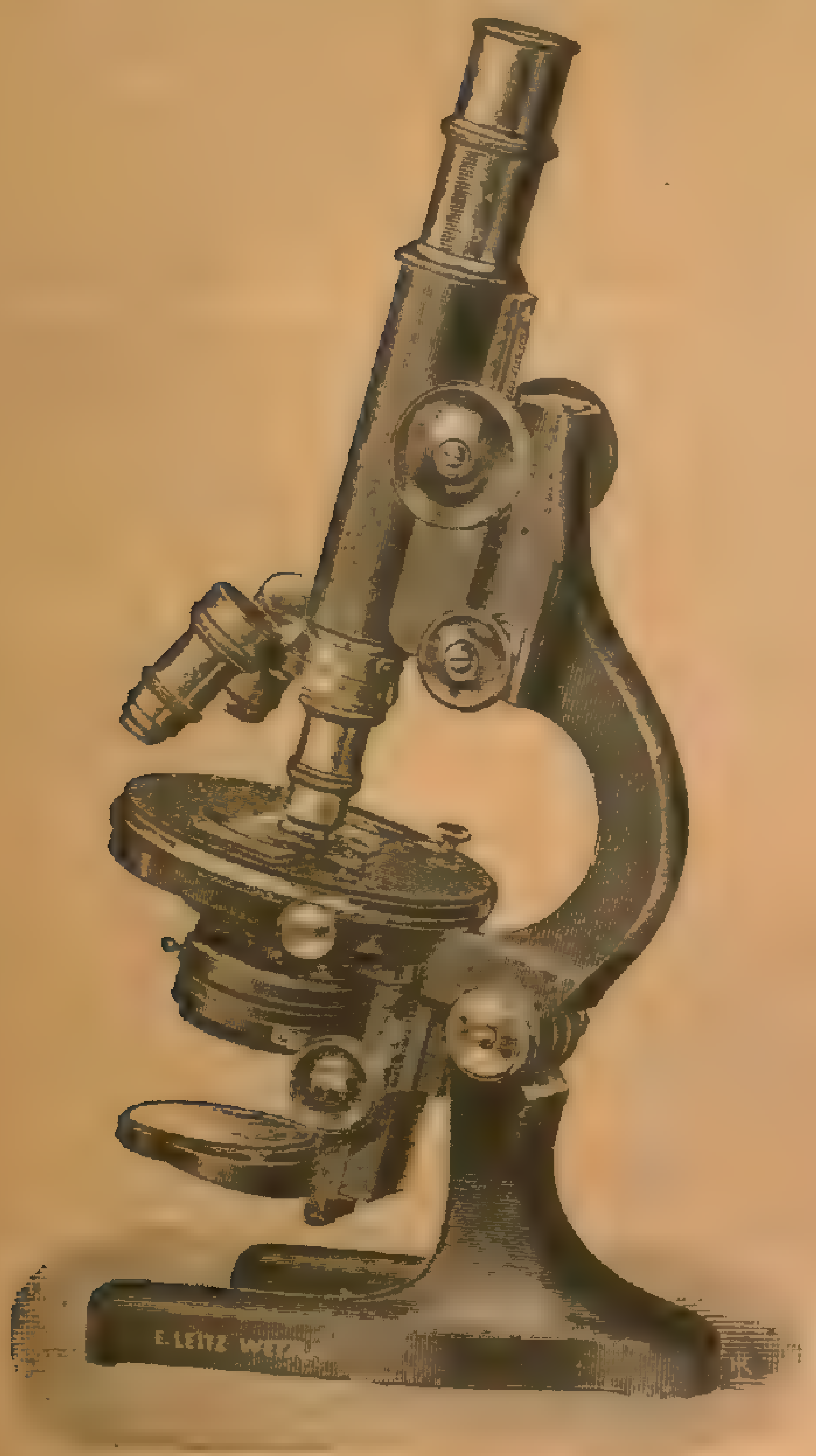
Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant 1m40 × 0m90, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR



Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.)

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street

SOCIÉTÉ
LUMIÈRE & SES FILS
LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE
PLAQUES — PELLICULES — PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS
PAR LES
"PLAQUES AUTOCHROMES"
(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc.

SUR LES RÉSERVES HYDROCARBONÉES
DU MAHONIA ET DU LAURIER TIN

par M. LECLERC DU SABLON

Dans deux mémoires antérieurs (1), j'ai étudié comment les réserves hydrocarbonées varient pendant une année dans les tiges et les racines des arbres. Dans la plupart des espèces à feuilles caduques (Châtaignier, Poirier, Saule, etc.), les réserves augmentent pendant tout l'été, atteignent un maximum en automne après la chute des feuilles, varient peu en hiver, puis diminuent rapidement au printemps lorsque les nouvelles pousses se développent et passent par un minimum vers le mois de mai. En somme, les tiges et surtout les racines de ces arbres se conduisent comme des organes de réserve qui, pendant la période d'assimilation chlorophyllienne, accumulent les matériaux nécessaires pour déterminer au printemps la formation rapide de nouvelles tiges et de nouvelles racines. Un type physiologique plus rare est représenté par le mélèze ; ici, les réserves passent par un minimum au printemps, au moment de l'éclosion des bourgeons, augmentent avec l'intensité de l'assimilation, passent par un maximum en été et diminuent ensuite pendant l'automne et l'hiver. Dans ce cas, la tige et la racine perdent leur caractère d'organes de réserve ; les produits de l'assimilation, au lieu d'être emmagasinés en vue d'une utilisation ultérieure sont employés par la plante au fur et à mesure de leur production.

Les arbres à feuilles persistantes (Chêne vert, Pin maritime, Fusain du Japon) se conduisent tout autrement, et l'on devait s'y attendre, car l'assimilation du carbone s'effectue pendant toute l'année et non plus seulement pendant la belle saison. Au printemps, les réserves diminuent rapidement, employées à la formation de nouveaux rameaux et passent par un minimun dans le courant de l'été. Puis, la dépense diminuant et l'assimilation restant toujours à peu près constante, les hydrates de carbone s'accumulent de nouveau pendant l'automne et l'hiver et passent par un maximum au commencement du printemps, lorsque les bourgeons vont s'ouvrir. La tige et surtout la racine se conduisent donc encore comme des organes de réserve accumulant des matériaux destinés à être utilisés au printemps pour la formation rapide des nouvelles pousses. Mais la période d'assimilation des réserves, au lieu d'être limitée à la belle saison comme dans les cas de feuilles caduques, s'étend sur l'année entière. De plus, la production de nouveaux organes étant complètement arrêtée en hiver et la respiration étant fortement diminuée par le froid, la dépense est réduite au minimum, tandis que, comme on le sait, l'assimilation du carbone est peu influencée par l'abaissement de la température. On comprend donc que l'hiver soit pour les plantes à feuilles persistantes la période d'activité pour la formation des réserves.

---

(1) *Revue générale de Botanique*, tome XVI, p. 341 (1904) et tome XVIII, p. 5 (1906).

Ce troisième mémoire a pour but de compléter les résultats précédents par l'examen de nouveaux exemples qui présentent des caractères spéciaux de nature à modifier la marche ordinaire de la mise en réserve et de la digestion des hydrates de carbone. J'ai opéré d'ailleurs exactement de la même manière que dans les deux premiers mémoires, autant au point de vue des méthodes d'analyse qu'au point de vue du choix et de la préparation de matériaux d'études. Les arbres, récoltés aux diverses époques de l'année, étaient cultivés dans le même champ et paraissaient dans le même état de vigueur au début de l'année.

MAHONIA

J'ai choisi comme sujet d'étude le Mahonia (*M. ilicifolia*) à cause de la particularité que présentent ses feuilles pendant l'hiver. On sait en effet que les feuilles, vertes en été, deviennent plus ou moins rouges pendant la saison froide, de novembre en mars, par suite de la formation d'érythrophylle. Griffon (1), qui a étudié l'assimilation de ces feuilles rouges comparativement à celle des feuilles vertes, a trouvé que la décomposition du gaz carbonique était moindre pour les feuilles rouges, égale à environ 0,6, en prenant comme unité la décomposition par les feuilles vertes. J'ai voulu voir si cette particularité influait sur la formation des réserves hydrocarbonées pendant l'hiver. Les récoltes ont été faites de mars 1905 à février 1906. Les feuilles ont commencé de rougir en novembre et sont redevenues vertes en avril. Les nouvelles pousses se sont développées en avril.

---

(1) L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série. t. 10, 1899).

Les tableaux 1 et 2 se rapportent l'un à la racine, l'autre à la tige du Mahonia ; les chiffres donnent la quantité de la substance indiquée rapportée à 100 parties de matière sèche analysée.

TABLEAU 1 (RACINE)

	SUCRES	MATIÈRES AMYLACÉES	TOTAL
23 mars	1.9	30.0	31.9
11 mai	1.6	24.8	26.4
21 juin	1.8	23.8	25.6
26 juillet	1.6	21.1	22.7
11 septembre	0.8	23.9	24.7
21 octobre	0.7	25.2	25.9
1er décembre	1.9	26.5	28.4
14 décembre	1.8	28.9	30.7
21 janvier	3.0	27.7	30.7
22 février	2.6	28.7	31.3

TABLEAU 2 (TIGE)

	SUCRES	MATIÈRES AMYLACÉES	TOTAL
23 mars	1.6	23.2	24.8
11 mai	2.1	23.5	25.6
21 juin	1.1	20.1	21.2
26 juillet	1.7	19.1	20.8
11 septembre	0.7	21.5	22.2
21 octobre	1.3	26.0	27.3
1er décembre	2.0	24.1	26.1
14 décembre	2.6	21.5	24.1
22 janvier	2.9	19.7	22.6
22 février	2.1	22.3	24.4

La première colonne donne la proportion de l'ensemble des sucres réducteurs et non réducteurs solubles dans l'alcool à 90° ; la seconde colonne donne l'ensemble des matières amylacées solubles et insolubles dans l'eau ; je n'ai pas cru devoir séparer dans ce tableau les matières amylacées solubles de celles qui sont insolubles, cette distinction n'ayant pas d'intérêt au point de vue qui m'occupe. Par matière amylacée, il faut entendre ici tous les hydrates de carbone insolubles dans l'alcool à 90° et pouvant se transformer en glucose par l'action de l'acide chlorhydrique étendu ; la solution employée renfermait 10 °/₀ d'acide pur du commerce et l'ébullition durait une heure. Dans ces conditions on dose la dextrine, l'amidon et une partie de la cellulose, celle que l'on peut considérer comme de la cellulose de réserve. La troisième colonne, obtenue en faisant la somme des deux premières, représente le total des réserves hydrocarbonées dosées.

Les courbes de la figure 1 sont la traduction graphique de la troisième colonne des tableaux 1 et 2, et montrent les variations des réserves hydrocarbonées dans la tige et la racine. Les ordonnées, d'abord proportionnelles aux réserves, ont été diminuées d'une quantité constante.

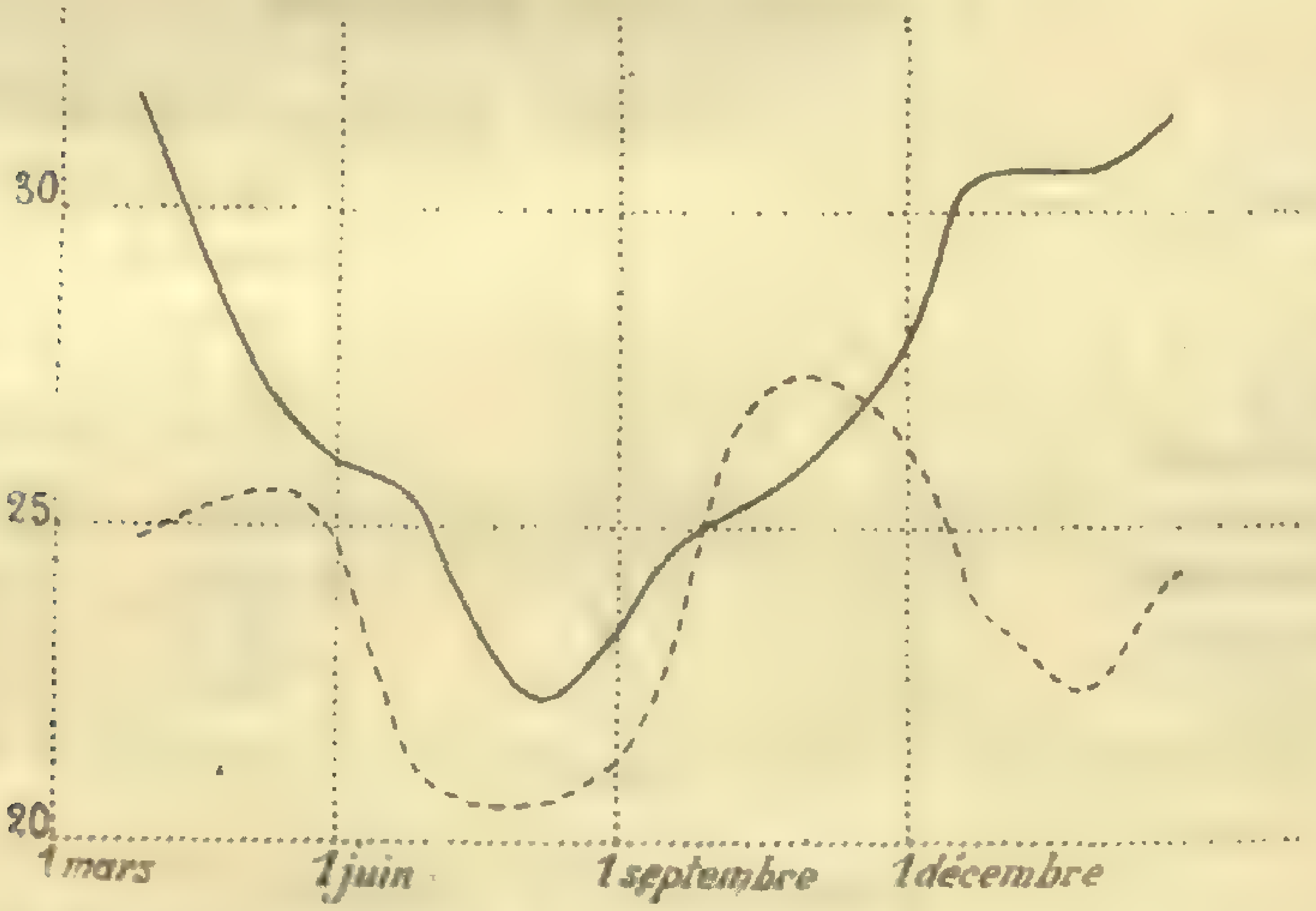


Fig. 1. — Courbes représentant les variations des réserves hydrocarbonées dans le *Mahonia* ; ——, racine ; ..., tige.

Pour la racine, les variations sont assez régulières et comparables à celles que j'ai observées dans le chêne vert par exemple. Les réserves diminuent au printemps pendant que les nouvelles pousses s'accroissent, passent par un minimum en été et augmentent ensuite jusqu'à la fin de l'hiver. La diminution de l'assimilation pendant la période hivernale où les feuilles sont rouges n'influe donc pas sur les variations des réserves dans la racine.

La courbe de la tige est plus compliquée ; voyons comment on peut en expliquer les diverses particularités. Du mois de mars au mois de mai, il y a une légère augmentation, pendant que la courbe de la racine diminue rapidement. J'ai observé la même chose dans le Poirier ; au début du printemps, il se produit une migration des réserves de la racine vers la tige ; j'ai mis cette migration en évidence par des expériences de décortication annulaire décrites dans mon second mémoire. Puis, les réserves diminuent dans la tige comme dans la racine, passent en même temps par un minimum en été, puis augmentent jusqu'au mois de novembre. De novembre en février, les réserves diminuent au lieu d'augmenter comme dans le chêne vert ou le Fusain. Cette différence peut s'expliquer : 1° par la diminution de l'assimilation constatée par Griffon dans les feuilles rouges ; 2° par une migration des réserves vers la racine, cette migration étant d'ailleurs démontrée par l'augmentation considérable des réserves dans la racine pendant cette même période. L'augmentation constatée à la fin de février correspond à un arrêt de la migration de la tige vers la racine, en attendant que la migration inverse se produise, le mois suivant, pendant le développement des jeunes pousses.

La seule différence importante qui existe entre le Mahonia et les autres plantes à feuilles persistantes précédemment étudiées, consiste donc dans la diminution des réserves de la tige de novembre en février. Cette différence s'explique facilement par la diminution de l'assimilation dans les feuilles rouges ; pendant l'hiver l'assimilation diminue et la migration des réserves vers les racines continue, il est donc naturel que les réserves de la tige diminuent.

LAURIER TIN *(Viburnum Tinus)*

J'ai choisi le Laurier Tin comme exemple parce que les périodes de vie ralentie et de vie active n'y sont pas distribuées d'une façon aussi régulière que chez les autres arbustes. Les nouvelles pousses feuillées apparaissent en effet au printemps comme dans le cas ordinaire, mais les tiges florifères se forment en novembre et les fleurs s'épanouissent plus ou moins tôt pendant l'hiver suivant la température ; en 1906, et sur les arbustes que j'ai étudiés, elles se sont épanouies en février.

Les tableaux 3 et 4 indiquent les variations des réserves hydrocarbonées dans la racine et la tige du Laurier Tin ; la disposition est la même que dans les tableaux 1 et 2 relatifs au Mahonia.

TABLEAU 3 (RACINE)

	Sucres	Matières amylacées	Total
23 mars	1.7	27.2	28.9
11 mai	1.4	19.6	21.0
21 juin	1.8	20.8	22.6
26 juillet	5.1	17.4	22.5
11 septembre	2.0	19.8	21.8
21 octobre	2.0	24.9	26.9
1^{er} décembre	2.3	23.1	25.4
14 décembre	2.4	21.0	23.4
22 janvier	2.0	19.4	21.4
22 février	2.7	28.7	31.4

TABLEAU 4 (TIGE)

	Sucres	Matières amylacées	Total
23 mars	2.7	21.0	23.7
11 mai	2.5	18.0	20.5
21 juin	1.3	21.0	22.3
26 juillet	3.2	18.0	21.2
11 septembre	1.6	21.2	22.8
21 octobre	2.4	21.3	23.7
1^{er} décembre	3.3	20.1	23.4
14 décembre	4.4	19.5	23.9
22 janvier	3.2	20.7	23.9
22 février	3.3	20.6	23.9

Les courbes de la figure 2, construites comme celles de la figure 1, sont la traduction graphique de la troisième colonne des tableaux 3 et 4. Voyons comment les principales particularités de ces courbes peuvent être expliquées par la marche générale de la végétation.

A la fin de mars, les fleurs sont épanouies et les nouvelles pousses ne se développent pas encore. Les réserves de la racine sont alors abondantes ; puis, pendant que les jeunes tiges poussent, les réserves diminuent, ce qui est conforme à la règle générale. Pendant tout l'été, l'augmentation des réserves de la racine est faible et devient beaucoup plus considérable en automne. Cette augmentation d'automne, alors que la végétation est arrêtée et que l'abaissement de la température a ralenti la respiration beaucoup plus que l'assimilation, est aussi toute naturelle. Mais, de novembre en février, les réserves diminuent fortement, ce que je n'ai observé dans aucune autre plante à feuille persistante. C'est que c'est précisément pendant cette période que se développent les tiges florifères, très abondantes, on le sait, dans le Laurier-Tin. Ces tiges étant pauvres en chlorophylle, on conçoit que leur formation nécessite une dépense considérable de réserve. L'époque de l'apparition des inflorescences peut varier beaucoup suivant la température de chaque année et surtout suivant les pays, mais j'ai noté l'état de la végétation des plantes que j'ai analysées et c'est bien de novembre en février que les inflorescences se sont développées cette année-là. En février et mars, les fleurs sont épanouies, les inflorescences ne s'accroissent plus et les nouvelles pousses feuillées du printemps ne se développent pas encore ; il y a là une période d'arrêt dans la végétation qui coïncide avec une augmentation des réserves de la racine.

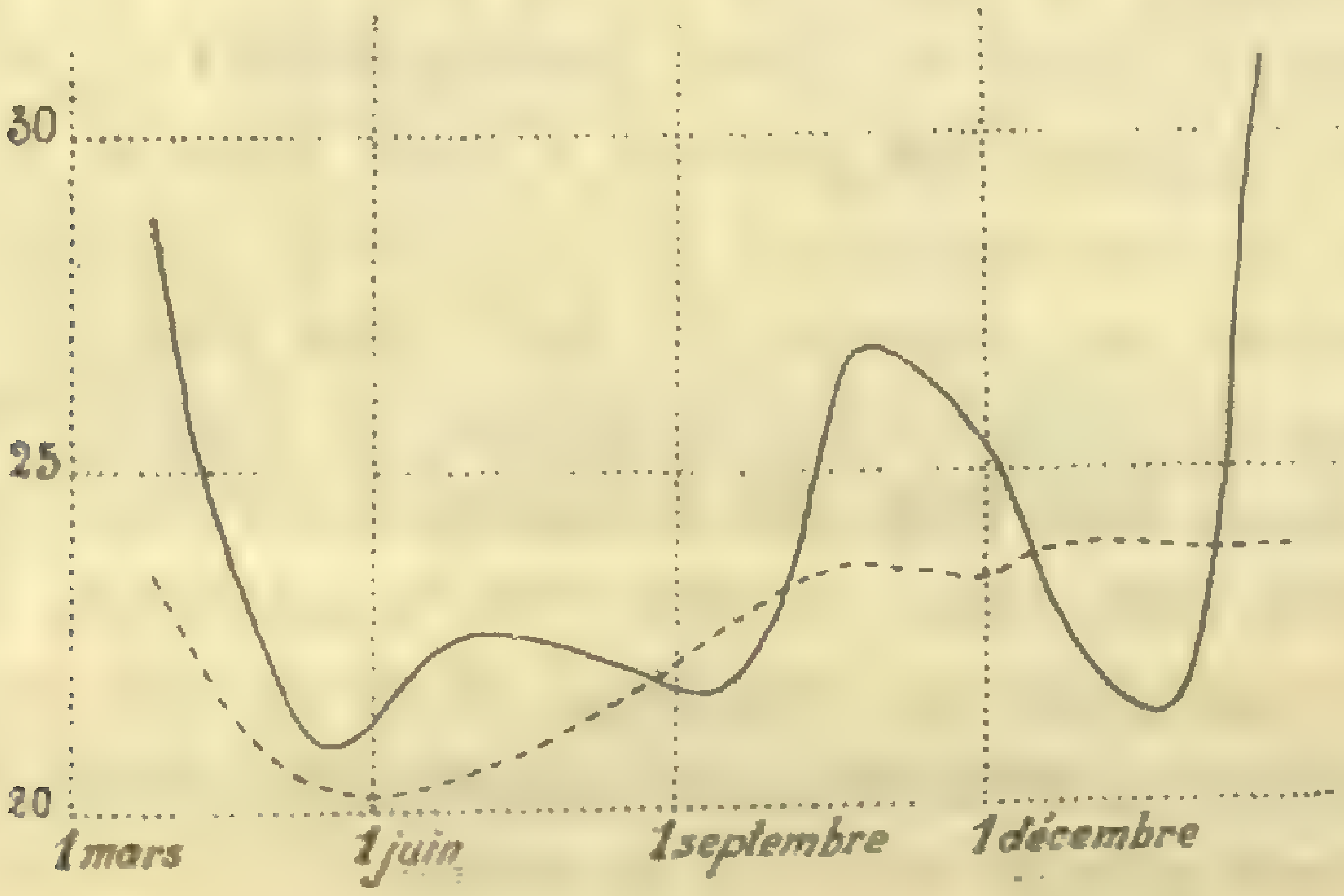


Fig. 2. — Courbes représentant les variations hydrocarbonées dans le *Laurier Tin*; ——, racine; ..., tige.

Les hydrates de carbone de la tige ont des variations bien moindres ; c'est surtout la racine qui joue le rôle d'organe de réserve. Au printemps, au moment de la formation des jeunes pousses, les réserves diminuent, augmentent ensuite lentement pendant l'été et l'automne. Les tiges jouent simplement le rôle d'intermédiaire entre les feuilles et les racines. Pendant les périodes d'assimilation, les hydrates de carbone traversent la tige en allant des feuilles vers les racines; pendant les périodes de végétation active, la migration se fait en sens inverse, de la racine, vers les extrémités des tiges en voie de croissance.

Pendant l'année 1903-1904, j'ai fait une série de dosages relatifs au Laurier Tin dans les mêmes conditions que ceux dont je viens de rendre compte. Les réserves hydrocarbonées de la racine ont présenté, comme en 1905-1906, deux périodes de diminution : l'une au printemps, correspondant à la formation des nouvelles pousses feuillées ; l'autre en hiver, correspondant au développement des inflorescences ; les périodes d'arrêt dans la végétation, en automne et au commencement du printemps coïncidaient avec une augmentation des réserves. Ce sont donc bien là les traits caractéristiques de l'histoire physiologique du Laurier Tin. D'ailleurs, la courbe de 1903-1904 diffère notablement dans les détails de celles de 1905-1906. Ainsi, en 1903-1904, le maximum d'automne est plus élevé que celui du printemps. Pour ce qui concerne la tige, les variations en 1903-1904 sont plus étendues qu'en 1905-1906, et se rapprochent plus de celles de la racine.

En somme, au point de vue qui nous occupe, le Laurier Tin diffère du type ordinaire des arbres à feuilles persistantes parce qu'il y a deux périodes de consommation des réserves correspondant aux deux périodes de formation de nouvelles tiges : l'une au printemps pour les tiges feuillées, l'autre en hiver pour les inflorescences.

L'étude de ces deux nouveaux exemples montre combien sont divers les modes de variations des réserves hydrocarbonées dans les plantes ligneuses et notamment dans les racines. Pour le cas des arbres à feuilles persistantes, on peut admettre que le Chêne vert représente le type le plus ordinaire, avec une seule période de végétation active, au printemps, et une assimilation continue ; les réserves accumulées pendant l'année atteignent leur maximum au moment de l'ouverture des bourgeons et diminuent rapidement pendant que les nouveaux rameaux s'accroissent. Le Mahonia et le Laurier-Tin ne se conduisent pas tout à fait la même chose, mais les différences peuvent s'expliquer par des particularités propres à ces plantes. Les réserves de la tige du Mahonia diminuent pendant l'hiver parce que les feuilles, devenues rouges, assimilent moins et que les réserves, fabriquées en moindre abondance, émigrent vers la tige. Les réserves de la racine du Laurier Tin diminuent à la fin de l'automne et au commencement de l'hiver, parce que c'est le moment où les inflorescences se développent, ce qui occasionne une dépense pour la plante. Il est probable, d'ailleurs, qu'en multipliant les exemples, on trouverait de nouveaux types de variations des réserves, en rapport avec le mode de végétation spéciale de chaque espèce. Certaines particularités dans les variations des réserves peuvent d'ailleurs être dues uniquement à des propriétés spécifiques et il n'est pas impossible que deux espèces dont la végétation suit la même marche se conduisent de façons différentes au point de vue des réserves. Rien, par exemple, ne pouvait faire prévoir, avant que la constatation directe n'ait été faite, la différence très grande qui existe entre le Mélèze et le Châtaignier.

RECHERCHES CYTOLOGIQUES
SUR LE
DÉVELOPPEMENT DES CELLULES-MÈRES DU POLLEN
CHEZ LES NYMPHÉACÉES

Par MM. W. LUBIMENKO et A. MAIGE *(fin)*

(Planches 1, 2, 3, 4, 5).

Troisième cinèse.

Si les deux premières cinèses polliniques ont fait l'objet de nombreuses recherches, il n'en est pas de même de la troisième, qui n'a été que très rarement étudiée. M. Guignard (1) en a donné en 1882 une description chez le *Neottia Nidus-avis*, et a signalé la direction, perpendiculaire à la membrane pollinique, de l'axe du fuseau. Plus tard, Miss Sargant (2) a étudié cette division chez le *Lilium Martagon*; elle remarque également dans son mémoire la même orientation du fuseau, et signale la division longitudinale parfaitement nette dés chromosomes, à la métaphase, et tout à fait semblable à celle des cinèses végétatives. Des formes non bipolaires du fuseau ont été aussi observées par M. Caldwell sur le *Lemna minor*, M. Duggar sur les *Symplocarpus fœtidus* et *Peltandra undulata*, ainsi que par M. Gager (3) sur l'*Asclepias Cornuti*. Ce dernier observateur a étudié assez complètement la troisième division, chez la plante mentionnée plus haut, et signale ce fait, qu'au moment de la division, le noyau du pollen se déplace et vient s'appliquer étroitement contre la membrane.

---

(1) Guignard : *Recherches sur le développement de l'anthère et du pollen des Orchidées* (Ann. d. Sc. nat., série VI, T. 14, p. 41).

(2) Ethel Sargant : *The formation of the sexuel Nuclei in Lilium Martagon* (Ann. of Bot. vol. XI 1897).

(3) Gager : *The Development of the Pollinium and Sperm-Cells in* Asclepias Cornuti (Ann. of Bot. 1902, vol. XVI).

L'auteur a étudié également la formation de la plaque cellulaire; il a remarqué, à ce stade, l'écartement des fibrilles du fuseau, dont un certain nombre viennent se perdre dans le cytoplasme de la cellule végétative.

En résumé, les divers stades de la troisième division sont encore assez mal connus; il faut reconnaître, d'ailleurs, comme le remarque Miss Sargant, qu'il est assez difficile de se les procurer, et ce n'est qu'après un nombre de coupes considérable, qu'il est possible d'avoir une série suffisamment complète.

Voyons maintenant cette division chez les deux espèces étudiées.

La croissance rapide des grains de pollen de *Nymphæa alba* est caractérisée par l'apparition de vacuoles remplies de suc cellulaire. A ce moment, les cellules polliniques possèdent déjà une membrane épaisse, différenciée en deux couches, et sont entourées par le cytoplasme des cellules nourricières. Le début de la troisième cinèse se manifeste, dans le noyau, par la formation d'un réseau régulier, assez épais, présentant des corpuscules chromatiques disposés principalement aux angles (voir Pl. 4, fig. 63).

Ce stade est très analogue au stade correspondant de la deuxième cinèse, mais le réseau nucléaire est construit plus régulièrement.

On observe sensiblement les mêmes phénomènes, à ce stade, chez le *Nuphar luteum*, toutefois les corpuscules chromatiques sont disposés chez cette espèce non seulement aux angles du réseau mais aussi le long des filaments (voir Pl. 4, fig. 64).

Chez les deux espèces, on aperçoit, à ce stade, un nucléole arrondi en liaison intime avec les filaments du réseau.

Pendant que le filament nucléaire prend, peu à peu, l'aspect décrit précédemment, le noyau se rapproche en même temps, de plus en plus, de la paroi, pour venir finalement s'appuyer à la couche membraneuse du cytoplasme (voir Pl. 4, fig. 64).

Durant cette première phase, qui précède la division, on observe chez le *Nuphar luteum* l'expulsion hors du noyau d'une partie du nucléole; le morceau de nucléole expulsé prend une forme arrondie, et reste au milieu du cytoplasme, tout près du noyau (voir Pl. 4, fig. 64). Souvent on voit aussi deux morceaux expulsés de nucléole disposés dans la cellule, à côté l'un de l'autre, ou plus ou moins éloignés. Tous ces morceaux de nucléole sont entourés d'une zone claire et présentent au début une coloration rouge semblable à celle de ce dernier, mais peu à peu leur couleur s'atténue, en même temps qu'à l'intérieur de leur masse, se forment une ou deux vacuoles. Ces morceaux de nucléole se conservent très longtemps, et on les rencontre souvent, même après la fin de la troisième cinèse (voir Pl. 5, fig. 87).

Le même phénomène d'expulsion d'une partie du nucléole s'observe aussi chez le *Nymphæa alba*, mais, chez cette espèce, à cause de la faible coloration des morceaux expulsés, le phénomène ne présente pas la même netteté que chez le *Nuphar luteum*.

Le stade de la formation des chromosomes présente une grande analogie avec le stade correspondant des deux premières cinèses; chez les deux espèces, la masse chromatique commence à se concentrer en certains points du réseau, et le filament linique devient plus mince et plus faiblement coloré (voir Pl. 4, fig. 65 et 66); le nucléole conserve son aspect ordinaire et reste en liaison intime avec le filament nucléaire.

A un stade plus avancé, on voit, chez le *Nymphæa alba*, les chromosomes formés, distribués à la périphérie du noyau dont la membrane garde toujours sa netteté. Le nucléole a disparu et les chromosomes ont la forme de petits bâtonnets courts et courbés (voir Pl. 4, fig. 67).

Chez le *Nuphar luteum*, les chromosomes ont la forme de bâtonnets allongés qui se raccourcissent en se condensant à mesure que la linine et le nucléole disparaissent (voir Pl. 5, fig. 68); ils apparaissent au moment de la dissolution de la membrane nucléaire ,fortement colorés en rouge, et réunis par de courtes fibrilles (voir Pl. 5, fig. 69).

Les divers stades de la formation du fuseau ne sont pas faciles à observer chez les deux espèces, à cause de la rapidité avec laquelle se passe ce phénomène, mais il est un fait certain et tout-à-fait caractéristique de la troisième cinèse, c'est que le fuseau est, chez les deux espèces, entièrement intra-nucléaire. Chez le *Nuphar luteum*, l'observation du phénomène est rendue assez difficile par la contraction rapide du cytoplasme autour du noyau, au moment de la dissolution de la membrane nucléaire; mais, chez le *Nymphæa alba*, la cavité nucléaire reste très nettement marquée même aux stades de la métaphase et de l'anaphase, et l'on peut constater nettement l'origine intra-nucléaire du fuseau (voir Pl. 5, fig. 72, 73 et 74).

Au stade de la métaphase ou au début de l'anaphase, le fuseau a, chez les deux espèces, une forme très différente de celle des deux premières cinèses. Il est formé, en effet, par deux cônes de fibrilles accolés par leur base ; l'un a son sommet tourné du côté du centre de la cellule tandis que l'autre de forme plus allongée, presque et même parfois cylindrique, est coupé, à une certaine distance de sa base, par la couche membraneuse du cytoplasme, contre laquelle ses fibrilles viennent s'appuyer, en occupant une partie de l'emplacement sur lequel le noyau reposait au stade précédent (voir Pl. 5, fig. 73, 79, 80, 89).

Au stade de la métaphase, les chromosomes de *Nymphæa alba* sont encore raccourcis et ont pris une forme ovalaire (voir Pl. 5, fig. 71) ; chez le *Nuphar luteum*, au contraire, ils ont conservé la forme de petits bâtonnets courts et courbés (voir Pl. 5, fig. 70). A cause de leur petitesse il est impossible de préciser, chez le *Nymphæa alba*, leur mode de division et leur nombre ; chez le *Nuphar luteum*, où l'observation est facile, la division des chromosomes se fait longitudinalement, suivant le mode ordinaire, comme on le voit sur la figure 79 ; leur nombre est égal à dix-sept.

Pour évaluer la quantité de masse chromatique qui entre en jeu au stade de la métaphase de la troisième cinèse nous avons mesuré les diamètres des plaques nucléaires correspondantes. Voici les chiffres ainsi obtenus :

Nymphæa alba	*Nuphar luteum*
7.3 µ.	9.1 µ.

Comparons ces diamètres à ceux des plaques nucléaires de la deuxième cinèse pollinique et des cinèses végétatives nous aurons :

DIAMÈTRES DES PLAQUES NUCLÉAIRES

	Nymphæa alba	*Nuphar luteum*
IIe cinèse	6.8 µ	8.3 µ
IIIe »	7.3 µ	9.1 µ
Cinèse végétative	6.6 µ	7.8 µ

Ces diamètres correspondent à des surfaces proportionnelles :

	Nymphæa alba	*Nuphar luteum*
IIe cinèse	11.6	17.2
IIIe »	13.3	20.7
Cinèse végétative	10.9	15.2

Comme on le voit d'après les chiffres ci-dessus, les plaques nucléaires de la troisième cinèse sont beaucoup plus grandes que celles de la deuxième cinèse, ce qui montre que la masse chromatique a augmenté considérablement pendant la période qui sépare la deuxième division de la troisième. Il est d'ailleurs facile de calculer la proportion dans laquelle s'est fait cet accroissement, il suffit de prendre le rapport des surfaces des plaques nucléaires de la troisième cinèse aux moitiés des plaques nucléaires de la deuxième cinèse; ces rapports sont de 2,3/1 chez le *Nymphæa alba* et de 2,4/1 chez le *Nuphar luteum*. La masse chromatique a donc plus que doublé depuis la télophase de la deuxième cinèse. Si nous comparons les proportions dans lesquelles se sont accrues les masses chromatiques entre la deuxième et la troisième cinèse à celles dont ont augmenté, pendant la même période les volumes correspondants des noyaux nous avons :

	Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
Volume du noyau.	2,6/1	3,6/1
Masse chromatique.	2,3/1	2,4/1

Ces chiffres montrent nettement que l'augmentation de volume du noyau est plus grande que celle de la masse chromatique. On peut donc en conclure que l'accroissement de volume du noyau est dû, non seulement à celui de la masse chromatique, mais encore à celui du suc nucléaire, et que ce dernier même est le plus accentué. C'est là un fait tout-à-fait analogue à celui que nous avons observé pendant le stade *prosynapsis* et il est probable que, si l'état de *synapsis* ne se présente pas avant la troisième division, cela tient à ce que le développement du suc nucléaire cesse plus tôt.

Les stades d'anaphase et de télophase, chez le *Nymphæa alba*, se passent assez rapidement.

Pendant l'anaphase, on constate que la masse des chromosomes, qui se dirigent vers la couche hyaline du cytoplasme pour former le noyau générateur, est moins épaisse que celle qui est destinée à former le noyau végétatif du pollen (voir Pl. 5, fig. 74). On observe ce phénomène d'une manière encore plus nette chez le *Nuphar luteum*. Vers la fin de la période de l'anaphase, les chromosomes du noyau générateur de *Nymphæa alba* sont très voisins de la couche membraneuse du cytoplasme, et ceux du noyau végétatif sont arrivés près du pôle. A ce moment, on voit apparaître une plaque cellulaire granuleuse, qui n'apparaît pas au stade correspondant chez le *Nuphar luteum* (voir Pl. 5, fig. 74 et 81). La partie du fuseau, qui relie les chromosomes à ce stade, prend la forme d'un tronc de cône. A la fin de l'anaphase, et avant la formation de la membrane nucléaire, on constate également la vacuolisation des chromosomes qui peut être nettement observée chez le *Nuphar luteum* (voir Pl. 5, fig. 85). La formation de la membrane nucléaire se passe chez les deux espèces d'une manière analogue à celle des cinèses précédentes. Le noyau végétatif, après la formation de cette membrane, a une forme rappelant beaucoup celle d'une lentille plan-convexe, tandis que le noyau générateur est très aplati, ce qui tient à ce que les chromosomes de ce dernier sont répartis sensiblement dans un même plan au moment ou ils s'unissent en réseau. La partie de la membrane de ce noyau qui regarde la couche hyaline du cytoplasme paraît très intimement liée à cette dernière (voir Pl. 5, fig. 75).

A un stade plus avancé, le noyau végétatif de *Nymphæa alba* est arrondi, et le noyau générateur présente la forme d'une lentille biconvexe. Entre eux se trouvent les fibrilles du fuseau traversées par la plaque cellulaire (voir Pl. 5, fig. 76) ; puis un peu plus tard les fibrilles s'écartent, disparaissent peu à peu, et l'on trouve enfin dans le pollen deux cellules. La cellule génératrice a la forme d'une lentille biconvexe, et reste toujours appuyée à la couche membraneuse de la cellule végétative ; le noyau qu'elle renferme à une forme plus ou moins ronde, et possède à son intérieur un réseau lino-chromatique fin et un nucléole arrondi. Le noyau végétatif à le même aspect, et ne diffère du noyau générateur que par ses plus grandes dimensions. Les deux noyaux à ce stade, ressemblent tout-à-fait au noyau au repos, avant la troisième cinèse. Dans la cellule végétative, le cytoplasme comprend, à ce stade, une zone centrale dense entourant le noyau, et une partie périphérique creusée de nombreuses vacuoles. La cellule génératrice semble être assez pauvre en cytoplasme, et parfois présente l'aspect d'une sorte de vacuole remplie d'une substance incolore. La membrane pollinique présente une exine fortement développée et couverte de granules ou de dents de forme peu régulière (voir Pl. 5, fig. 78).

On observe chez le *Nuphar luteum* des faits tout-à-fait comparables; après la formation de la membrane nucléaire, l'espace séparant les deux noyaux est occupé encore par les fibrilles du fuseau traversées par la plaque cellulaire (voir Pl. 5, fig. 82 et 83), puis ces fibrilles s'écartent et peu à peu disparaissent (voir Pl. 5, fig. 84). A l'intérieur des noyaux, le réseau lino-chromatique devient de plus en plus fin, et les nucléoles, au commencement d'aspect irrégulier, s'arrondissent petit à petit. Lorsque la division est complètement terminée on trouve dans le grain de pollen la cellule végétative, et la cellule génératrice, adossée à la couche membraneuse de la première, et présentant la forme d'une lentille biconvexe. Les deux noyaux ont un réseau lino-chromatique fin et un nucléole arrondi, ils ne diffèrent que par les dimensions plus grandes du noyau végétatif. Le cytoplasme de la cellule végétative est concentré principalement autour du noyau, et creusé, à la périphérie de la cellule, par de nombreuses vacuoles. Souvent, on observe encore à ce stade, tout près du noyau végétatif, les morceaux expulsés du nucléole. L'exine est fortement développée et munie de dents aiguës d'une forme régulière (voir Pl. 5, fig. 87). Assez souvent on constate chez le *Nuphar luteum* une séparation complète de la cellule génératrice et de la cellule végétative (voir Pl. 5, fig. 88); l'espace entre ces deux cellules est alors rempli par un liquide incolore.

Chez les deux espèces, on peut observer, dans certains sacs polliniques, des grains de pollen à différents états de désorganisation. En général, on peut observer des cas de dégénérescence dans les cellules du tissu reproducteur, dès le début du développement, mais les cas sont de plus en plus fréquents à mesure que l'on arrive à un stade plus avancé du développement du pollen, et sont surtout abondants à partir du stade des tétrades chez les deux espèces.

Le premier signe de dégénérescence consiste dans la plasmolyse du contenu de la cellule; puis le cytoplasme perd sa constitution réticulée et prend un aspect granuleux; en même temps sa coloration devient plus foncée; le noyau conserve encore longtemps ses caractères ordinaires et même peut entrer en division, mais il perd à son tour sa turgescence interne et prend un contour irrégulier.

Nous avons mesuré comme aux stades précédents les diamètres des noyaux et des cellules dans les grains de pollen mûrs et dans les cellules du parenchyme végétatif de l'étamine. Nous n'avons pas mesuré les dimensions des cellules génératrices car leur petitesse par rapport au volume du noyau est évidente.

Voici les nombres ainsi obtenus :

Nymphæa alba

Tissu végétatif		Tissu reproducteur		
Noyaux	Cellules	Noyaux		Cellules
		Végét.	Générat.	
8.0 μ	29.6 μ	8.6 μ	7.6 μ	26.8 μ

Nuphar luteum

Tissu végétatif		Tissu reproducteur		
Noyaux	Cellules	Noyaux		Cellules
		Végét.	Générat.	
9.1 μ	33,8 μ	11.5 μ	8.2 μ	33.4 μ

Comparons les diamètres des noyaux et des cellules du tissu végétatif tirés du tableau précédent à ceux des mêmes éléments au stade qui précède la troisième cinèse, nous avons :

Nymphæa alba		*Nuphar luteum*	
Noyaux	Cellules	Noyaux	Cellules
Grains de pollen avant la troisième division			
8,0 μ	29,5 μ	9,2 μ	33,0 μ
Grains de pollen murs			
8,0 μ	29,6 μ	9,1 μ	33,8 μ

On voit que les noyaux du tissu végétatif ont continué à conserver les mêmes dimensions tandis que les cellules ont augmenté de volume dans une très faible proportion chez les *Nuphar luteum*.

La même comparaison faite sur les grains de pollen donne les résultats suivants :

Nymphæa alba			*Nuphar luteum*		
Cellules	Noyaux		Cellules	Noyaux	
Avant la troisième cinèse					
26,1 μ	10,4 μ		30,1 μ	13,4	
Après la troisième cinèse					
26,8 μ	noyau végétatif . .	8,6	33,4	noyau végétatif . .	11,5
	» générateur .	7,6		» générateur.	8,2

Le rapport du volume du noyau végétatif du pollen à celui du noyau générateur est d'autre part égal à

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
1,45	2,75

On voit que le volume des grains de pollen a augmenté légèrement chez les deux espèces et que la troisième cinèse diffère des deux premières par la division du noyau en deux autres de volume très inégal : le noyau végétatif qui est plus gros que les noyaux du parenchyme des étamines et le noyau générateur qui est au contraire un peu plus petit.

La somme des volumes de ces deux noyaux est-elle égale au noyau du pollen avant sa division ? Il suffit pour le voir d'évaluer les rapports de ces deux quantités, ces rapports sont égaux à

Nymphæa alba	***Nuphar luteum***
$\frac{1}{1{,}04}$	$\frac{1}{1{,}16}$

ce qui montre que le volume total de la masse nucléaire a légèrement diminué principalement chez le *Nuphar luteum*.

Voyons maintenant le rapport des masses nucléaires et cellulaires dans le tissu végétatif et dans le grain de pollen.

Dans le tissu végétatif, le rapport du volume du noyau à celui de la cellule est de :

Avant la troisième cinèse.

Nymphæa alba = 1/50. *Nuphar luteum* = 1/46.

Après la troisième cinèse.

Nymphæa alba = 1/50. *Nuphar luteum* = 1/51.

Le rapport est donc resté constant chez le *Nymphæa alba*, tandis qu'il a légèrement diminué chez le *Nuphar luteum* par suite de la légère croissance des cellules du tissu végétatif.

En prenant la somme des volumes des noyaux végétatifs et des noyaux générateurs, dans les grains de pollen, nous aurons la masse nucléaire totale, et alors le rapport de celle-ci à la masse cellulaire, est de :

Nymphæa alba = 1/18. *Nuphar luteum* = 1/18.

Avant la troisième cinèse ce rapport était de :

Nymphæa alba = 1/16. *Nuphar luteum* = 1/11.

Ces chiffres montrent d'abord que, dans les grains de pollen, la masse nucléaire est toujours très grande par rapport à la masse cellulaire, en comparaison des cellules du parenchyme initial ; ce fait continuerait à être exact après la troisième cinèse, même si nous prenions le noyau végétatif seul du pollen, car le rapport de son volume à celui des grains de pollen est de :

1/30 pour *Nymphæa alba* et de 1/25 pour *Nuphar luteum.*

En second lieu on voit, d'après ce qui précède, que le rapport de la masse nucléaire totale à la masse cellulaire a diminué, à la suite de la troisième cinèse. Cette décroissance est due à l'augmentation de volume des grains de pollen et à la diminution générale de la masse nucléaire provoquée par la troisième division.

Comment expliquer la différence considérable de volume des noyaux végétatifs et générateurs du pollen ?

Faut-il penser qu'il y a une répartition inégale de la masse chromatique entre les deux noyaux pendant la troisième division ? La question est d'une grande importance mais très difficile à trancher.

D'après les résultats des mesures effectuées au cours de ce travail sur les noyaux et les cellules, il faut reconnaître l'existence d'une certaine proportionnalité quantitative entre les différentes parties du noyau et entre ce dernier et la cellule. Ainsi nous avons vu que, dans le tissu végétatif, à la masse chromatique plus grande des noyaux du *Nuphar luteum* correspondent des volumes plus grands des noyaux et des cellules en comparaison avec les mêmes éléments du *Nymphæa alba.* Dans le tissu reproducteur où l'on voit à certains stades du développement la masse chromatique augmenter dans une grande proportion, on constate en même temps un accroissement correspondant du suc nucléaire et du volume de la cellule. L'évaluation des volumes des nucléoles et des masses lino-chromatiques au stade synapsis a montré aussi qu'il existe entre ces éléments une certaine proportionnalité ; à un volume plus grand de la masse lino-chromatique correspond un plus grand volume du nucléole. Les deux premières cinèses dans le tissu reproducteur s'accomplissent régulièrement au point de vue du partage quantitatif de la masse chromatique ; chacune de ces cinèses donne des noyaux identiques à tous les points de vue. Il en est de même également pour les cinèses végétatives. Il ressort donc de ces considérations que c'est à la masse chromatique qu'on doit attribuer le rôle principal dans le développement des autres parties du noyau et même de la cellule. La loi des relations quantitatives entre ces divers éléments ne peut être encore précisée dans tous ses détails, mais d'après ce que nous venons de dire on peut formuler cette loi dans ses grandes lignes en disant qu'à une plus grande masse lino chromatique correspond un plus grand volume du noyau, du nucléole et de la cellule, si l'on compare ces divers éléments dans les cellules d'un même tissu. On trouve une confirmation très nette de cette loi dans certains cas de division irrégulière des cellules-mères polliniques. Le fait signalé par M. Strasburger et ensuite étudié par M. Juel chez *Hemerocallis fulva* est très instructif. On rencontre chez cette espèce assez souvent un ou deux chromosomes qui au lieu de se rapprocher de l'un des pôles restent à l'équateur du fuseau et forment de très petits noyaux qui suivent le cours ordinaire du développement et donnent de très petits grains de pollen.

Les noyaux provenant de la troisième cinèse pris au même stade de développement, c'est-à-dire dans le pollen mûr, possèdent des volumes et des nucléoles très inégaux. La division inégale de la masse cytoplasmique est aussi hors de doute. On est donc porté à penser d'après ce qui précède que ces différences de volume sont dues à des différences de masses chromatiques et à admettre une répartition inégale de la masse chromatique pendant la troisième cinèse. Certaines particularités morphologiques de la troisième division viennent d'ailleurs à l'appui de cette hypothèse : à une période avancée de l'anaphase, les chromosomes destinés à former le noyau végétatif sont non seulement plus serrés que ceux du noyau générateur, mais encore la section de leur masse est plus épaisse et possède une surface plus grande.

Ainsi les mesures faites pour le *Nymphæa alba* ont donné comme rapport moyen entre la surface de section de la masse chromatique végétative et celle de la masse chromatique génératrice $\frac{43}{23}$. Une différence moins grande, mais toujours en faveur de la masse chromatique végétative a été constatée aussi pour le *Nuphar luteum*.

Mais, malgré ces faits, il est bien difficile de formuler une conclusion ferme, car, au stade de la métaphase, les chromosomes se divisent comme d'ordinaire chacun en deux moitiés qui paraissent être tout à fait égales l'une à l'autre et de plus au début de l'anaphase, lorsque les deux groupes de chromosomes sont encore voisins de la plaque équatoriale, on n'observe pas de différence sensible de volume entre leurs masses.

Nous aurons donc à envisager simultanément dans la suite de ce travail les deux hypothèses possibles, c'est-à-dire la répartition soit inégale, soit égale, des masses chromatiques.

Voyons de suite les conclusions qui en découlent au point de vue de la réduction chromatique. Dans la première hypothèse, le noyau générateur du pollen, recevant une masse chromatique moindre que le noyau végétatif, il est possible que cette masse soit plus petite que celle qui entre à la télophase dans la constitution d'un noyau du parenchyme initial, et cette supposition est appuyée par ce fait qu'au stade du repos le noyau générateur possède un volume moindre que ce dernier.

Il est donc possible d'admettre, dans cette hypothèse, que la troisième cinèse produit une réduction *absolue* de la masse chromatique. Toutefois, il est à remarquer que cette réduction, si elle existe, est insuffisante, car le noyau générateur, étant plus grand que la moitié d'un noyau du parenchyme végétatif, possèderait ainsi une masse chromatique plus grande que celle demandée par la théorie.

Dans la deuxième hypothèse le noyau générateur se constitue à la télophase avec une masse chromatique plus grande qu'un noyau du parenchyme végétatif au même stade; il n'y a donc aucune réduction absolue de la masse chromatique, et, si une telle réduction est nécessaire, ce qui n'est nullement prouvé, elle ne peut avoir lieu qu'ultérieurement.

On peut résumer les principaux résultats de cette étude sur la troisième cinèse de la manière suivante :

1° La masse chromatique des noyaux reproducteurs s'accroît considérablement depuis la fin de la deuxième division pollinique pour devenir au stade de la métaphase de la troisième cinèse plus grande qu'au stade correspondant de la deuxième cinèse.

2° Cette augmentation de la masse chromatique est suivie d'une augmentation relativement plus grande encore du suc nucléaire.

3° La troisième cinèse diffère profondément des deux premières par la division du noyau en deux autres de volume très inégal.

4° Le noyau végétatif du pollen est plus grand et le noyau générateur plus petit que le noyau du parenchyme initial des étamines.

5° Le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire est toujours beaucoup plus grand dans les grains de pollen que dans les cellules du parenchyme végétatif des étamines.

6° La troisième cinèse diffère au point de vue morphologique des deux premières par l'origine intra-nucléaire du fuseau et par la forme toute spéciale qu'il présente.

Examen et comparaison des résultats des mesures

Ainsi que nous l'avons montré dans la description précédente, les divers états physiologiques, par lesquels passe une cellule, ont leur expression morphologique dans les variations correspondantes du volume de la cellule, du noyau, et de la masse chromatique de ce dernier.

Les courbes (pages 488-489) représentent ces variations dans les cellules reproductrices et dans les cellules du parenchyme végétatif de l'étamine aux différents stades de développement du pollen. Nous examinerons successivement et comparativement ces courbes pour les noyaux végétatifs et reproducteurs.

Si l'on regarde les courbes relatives au tissu végétatif, on voit que le volume des cellules va constamment en augmentant ; cet accroissement est très rapide pour les étamines jeunes, puis devient de plus en plus lent. En somme, nous avons là des courbes tout à fait analogues aux courbes ordinaires de la croissance ; celles de *Nymphæa alba* sont surtout caractéristiques ; en effet, chez cette espèce, les cellules atteignent, d'assez bonne heure, un volume, qui ensuite n'augmente plus que très peu. Chez le *Nuphar luteum*, les cellules sont plus grandes (1,5 fois aux deux stades extrêmes) que celles de *Nymphæa alba*, et la courbe, tout en présentant la même marche générale, monte plus rapidement que chez cette espèce.

Il est à remarquer également, que les cellules s'accroissent, au total, dans une même proportion, chez les deux espèces, et deviennent 3/1 fois plus grandes au stade du pollen mur qu'au stade du prosynapsis. Pendant toute cette croissance de la cellule, le noyau végétatif (au repos) garde un volume sensiblement constant, et, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le faire, il est à remarquer que le rapport de son volume à celui de la cellule est sensiblement le même chez les deux espèces ; le rapport de ces deux éléments est, en effet, de $\frac{1}{17}$ pour le *Nymphæa alba* et de $\frac{1}{18}$ pour le *Nuphar luteum* au stade du prosynapsis et de $\frac{1}{50}$ pour le *Nymphæa alba* et $\frac{1}{51}$ pour le *Nuphar luteum* au stade du pollen mûr.

La croissance continue du volume de la cellule, que nous venons d'étudier, n'est pas suivie d'une croissance correspondante de la masse cytoplasmique. Celle-ci, en effet, se creuse de grandes vacuoles remplies de suc cellulaire, et il est très probable que, de même que le noyau, elle garde un volume sensiblement constant; ce volume doit être à peu près le même qu'au stade prosynapsis, où les cellules végétatives sont remplies d'un protoplasme compact, et présentent de nombreuses caryokinèses. Celles-ci sont déjà beaucoup plus rares au stade du synapsis et du spirème, et le sont encore bien davantage aux stades ultérieurs.

En somme, au point de vue morphologique, le tissu végétatif passe par deux périodes : une première, pendant laquelle l'accroissement de volume de ce tissu est dû à la multiplication des cellules et des masses nucléaires et cytoplasmiques ; une seconde, pendant laquelle cet accroissement est produit par l'augmentation du suc cellulaire, à l'intérieur des cellules, dont le nombre n'augmente plus que très peu.

Examinons de plus près la première période et voyons comment se fait l'évolution de la masse chromatique du noyau au cours des caryokinèses successives.

A la télophase d'une cinèse végétative, la masse chromatique *m*, provenant du dédoublement de la plaque nucléaire de la métaphase précédente, entre dans la constitution de chaque noyau fils, dans lequel elle se dispose aux angles d'un réseau assez serré. Le volume du noyau d'abord faible augmente et ce dernier arrive à l'état dit du repos.

Pendant le prophase de la division suivante le noyau grossit

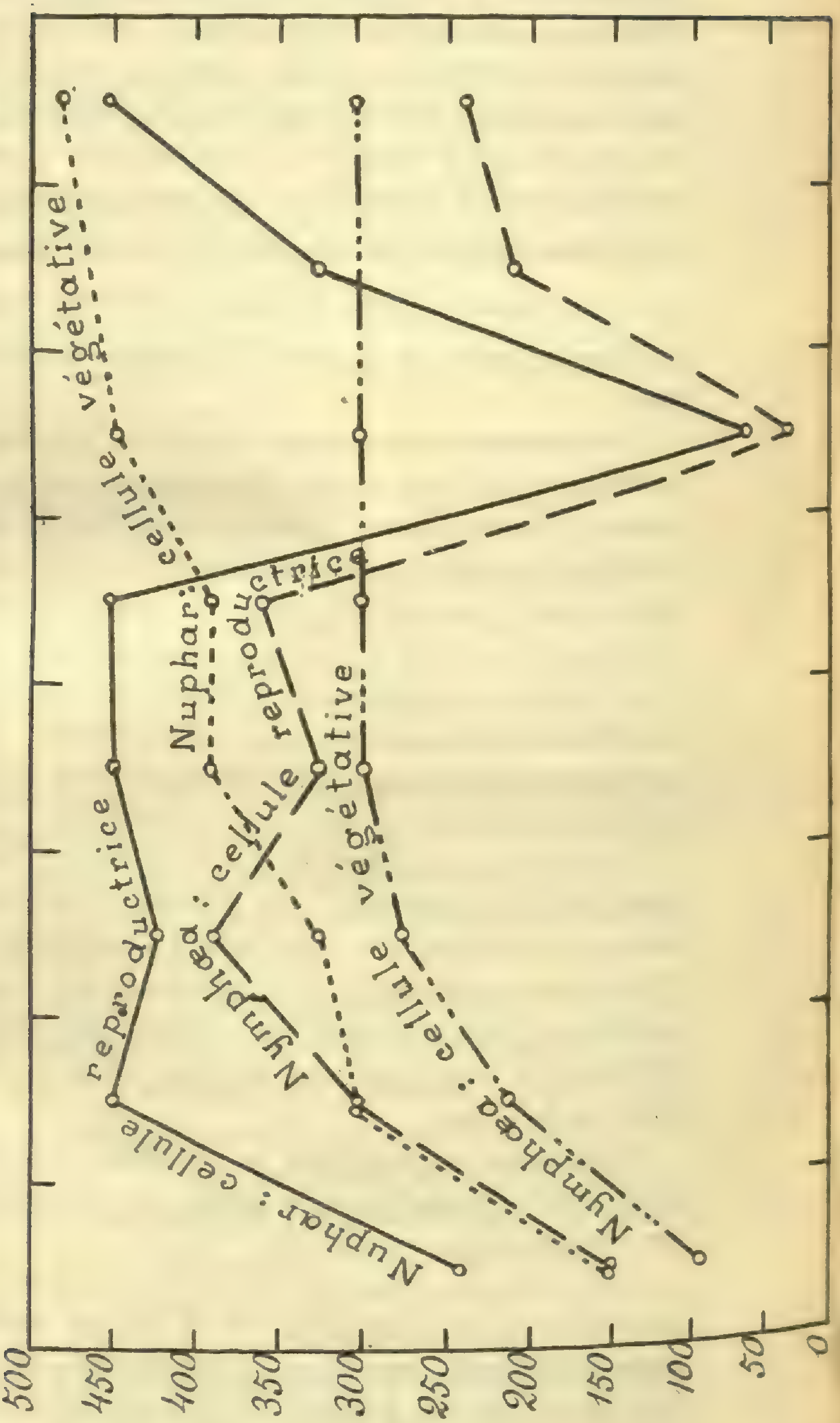
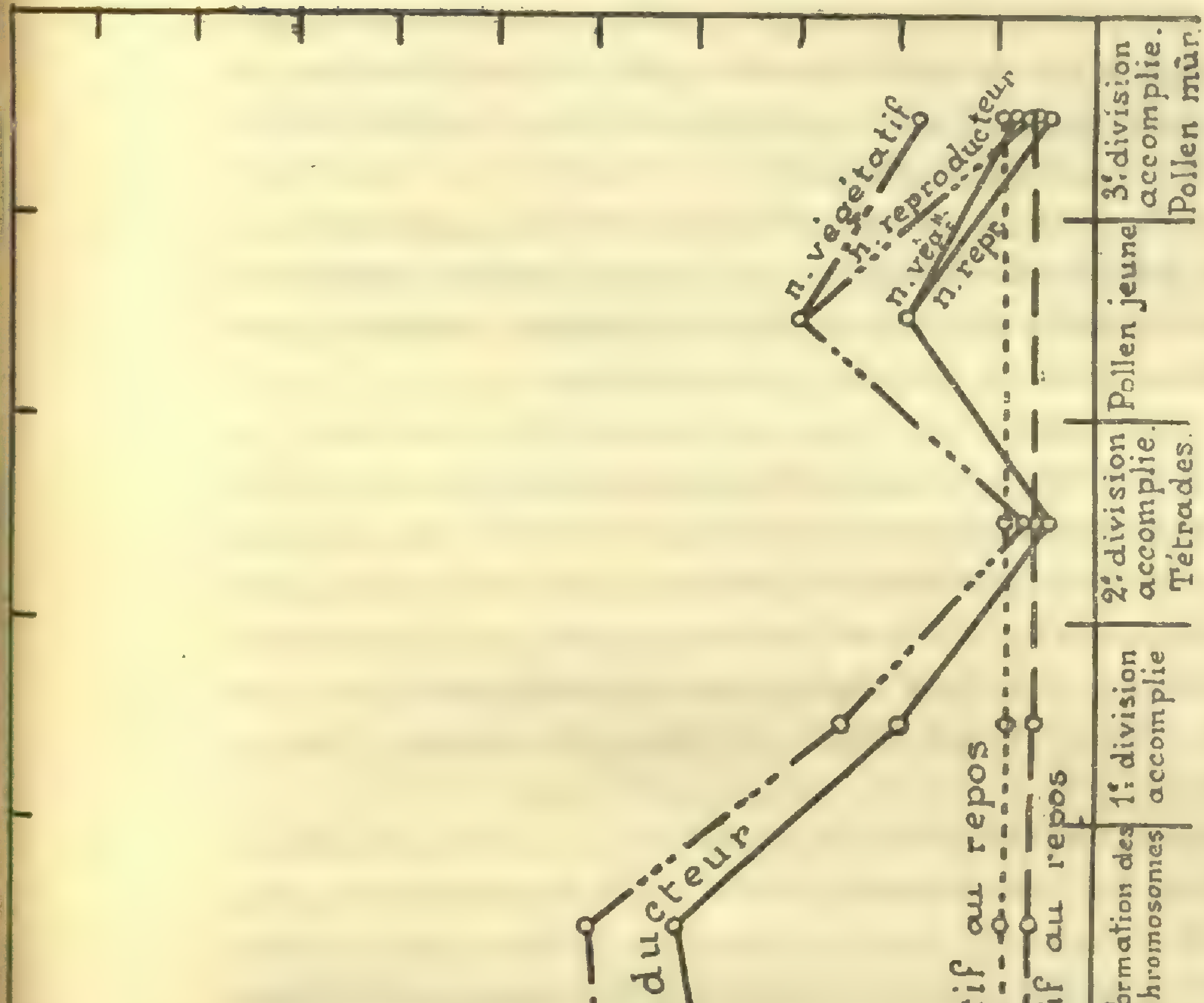


Fig. 1 et 2. — Variations des volumes des noyaux et des cellules dans le
pendant les différents



oducteur, ainsi que dans le tissu du parenchyme intérieur des étamines.
développement du pollen.

très nettement, en même temps qu'il se produit une augmentation très visible de la masse chromatique. Cette masse devient beaucoup plus abondante jusqu'à devenir égale à 2 *m*. Pendant la métaphase cette masse 2 *m* se subdivise en deux moitiés et les mêmes phénomènes se reproduisent.

Cette courte étude nous permet de fixer très nettement les valeurs des masses chromatiques aux divers stades d'évolution des noyaux végétatifs et nous fournit des données précises pour la comparaison avec les noyaux reproducteurs.

Voyons maintenant l'évolution des mêmes éléments dans les cellules reproductrices : si l'on jette un coup d'œil sur la courbe représentant les variations des volumes de la cellule, on constate que, depuis le stade prosynapsis jusqu'à la fin de la deuxième cinèse, le volume de la cellule va en s'accroissant, tout en présentant cependant un très léger abaissement au stade synapsis chez le *Nymphæa alba* et à un stade un peu plus avancé chez le *Nuphar luteum*.

En somme, pendant toute cette période, la croissance de la cellule-mère se fait sensiblement comme celle des cellules végétatives, mais le volume de ces dernières est toujours plus faible. Après la formation des quatre cellules filles il se produit une sorte de contraction du protoplasme de chacune d'elles, en relation sans doute avec l'accroissement considérable des membranes ; le volume de la cellule devient, non pas 4 fois, mais 6,3 fois, chez le *Nuphar luteum*, et 8 fois chez le *Nymphæa alba*, plus petit que celui de la cellule mère primitive ; mais, à partir du moment où les quatre masses protoplasmiques ont différencié autour d'elles une paroi propre, le volume de chacun des quatre grains de pollen, ainsi constitués, s'accroît de nouveau, en suivant les lois générales de la croissance, pour recommencer un nouveau cycle de développement tout à fait comparable à celui de la cellule-mère et à celui d'une cellule végétative. L'existence de deux cycles successifs ressort ainsi avec une netteté frappante de la courbe des cellules. La première division nucléaire du second cycle produit deux cellules de volume très inégal : la cellule végétative du pollen et la cellule génératrice ; mais il y a là un phénomène évidemment bien spécial au pollen des phanérogames, et qui ne peut être envisagé comme un caractère typique du second cycle que chez ces végétaux. Ces deux périodes de l'évolution des cellules sexuelles présentent les mêmes caractères généraux chez les deux espèces que nous avons étudiées ; la seule différence que l'on puisse signaler c'est que les courbes des cellules de *Nuphar luteum* s'élèvent plus rapidement que celles de *Nymphæa alba*, fait que nous avons déjà remarqué pour le tissu végétatif.

L'existence des deux cycles ressort aussi nettement de l'étude des variations de volume des noyaux et des masses chromatiques. Le début du premier cycle est caractérisé par une action retardatrice de la division nucléaire, qui se manifeste dans les cellules reproductrices ; celles-ci commencent à peine à entrer en division lorsque les divisions cellulaires sont depuis longtemps terminées dans le tissu végétatif. Ce retard se traduit par une grande augmentation de volume du noyau et de la cellule, et par une accumulation de la masse nucléaire par rapport à la masse cellulaire, dont la croissance est beaucoup plus lente. L'accroissement du noyau porte à la fois sur la masse chromatique et sur le suc nucléaire, mais surtout sur ce dernier. Nous avons constaté en effet qu'à la première cinèse la masse chromatique mesurée à la métaphase était par rapport à celle d'une cinèse végétative un peu plus que double. Cet accroissement de la masse chromatique se fait évidemment pendant les phases qui précèdent la division. On peut donc admettre qu'au stade Synapsis le volume de la masse chromatique du noyau est égale à peu près au double de celle d'un noyau végétatif. Or, les noyaux reproducteurs sont devenus à ce stade 8 fois chez le *Nymphæa alba* et 13 fois chez le *Nuphar luteum* plus gros que les noyaux végétatifs.

Il faut donc en conclure que le suc nucléaire s'est accru dans le noyau dans une proportion beaucoup plus forte que la masse chromatique, et ce fait nous a conduit à donner, ainsi que nous l'avons vu plus haut, une explication vraisemblable du synapsis.

Ce dernier stade a été observé depuis longtemps dans les cellules sexuelles, mais la plupart des cytologistes l'avaient considéré, au début, comme une sorte de phénomène artificiel, dû à l'action des réactifs fixateurs ; ce n'est que depuis quelques années qu'il est regardé comme un état naturel des noyaux des cellules reproductrices. Les mesures, que nous avons faites sur l'augmentation de volume du noyau, à ce stade, nous semblent mettre tout à fait hors de doute son origine naturelle, car il est difficile d'attribuer l'augmentation considérable de volume du noyau, à l'action des réactifs fixateurs. L'interprétation que nous avons donnée de ce stade synapsis nous a conduit à regarder le stade suivant du spirème, comme correspondant à la reconstitution du noyau et au rétablissement de l'équilibre rompu entre les proportions de suc nucléaire et de masse lino-chromatique. Cette reconstitution du noyau se traduit par une diminution de volume, qui correspond à l'abaissement de la courbe, et s'exprime morphologiquement par l'apparition d'une nouvelle membrane nucléaire, et la disposition en spirème de la substance lino-chromatique. La diminution de volume du noyau est assez grande, de sorte, qu'au stade du spirème, les volumes des noyaux reproducteurs deviennent seulement 6 fois plus grands que ceux des noyaux végétatifs, chez les deux espèces. Comme ces noyaux renferment à ce stade une masse chromatique *environ double* de celle des noyaux végétatifs, on voit qu'ils renferment encore une proportion beaucoup plus grande de suc nucléaire que ces derniers.

A la suite du stade du spirème, on constate, au moment de la constitution des chromosomes, une légère augmentation de volume des noyaux reproducteurs, puis nous arrivons à la formation du fuseau, à la métaphase, et à la fin de la première cinèse.

En somme, on voit que la première cinèse est caractérisée au point de vue physiologique par ce fait qu'elle met en jeu une masse chromatique *un peu plus du double* de celle d'une cinèse végétative, et par la proportion relativement considérable de suc nucléaire, que présentent les noyaux avant la division. On sait que la plupart des cytologistes, s'appuyant sur les différences morphologiques que présente cette cinèse par rapport aux cinèses végétatives, la considèrent comme réductrice, et comme séparant les chromosomes d'origine paternelle de ceux d'origine maternelle. Il nous semble que le vrai sens de ces différences morphologiques n'apparaîtra clairement, que lorsque l'expérience aura montré quelle influence produit, sur les diverses figures de la caryokinèse, l'accumulation de la masse lino-chromatique et du suc nucléaire dans un noyau végétatif. Jusqu'à ce moment, nous préférons caractériser la première cinèse pollinique d'après les deux particularités physiologiques que nous avons énoncées plus haut, c'est-à-dire, la regarder comme une division spécifique appartenant au tissu reproducteur. Il est évident, également, d'après ce que nous venons de dire plus haut, que le stade du synapsis ne représente pas un stade morphologique de la division nucléaire proprement dite, mais aussi un état spécifique des noyaux reproducteurs, dû à l'action d'un agent physiologique qui produit une action retardatrice de la division nucléaire et un développement prépondérant du suc nucléaire.

L'examen des courbes montre que la première cinèse pollinique s'accomplit régulièrement, c'est-à-dire divise le noyau en deux dans toutes ses parties. A la fin de cette cinèse, on constate, en effet, que chacun des deux noyaux jumeaux est deux fois plus petit que le noyau primitif au stade du spirème et par conséquent trois fois plus grand qu'un noyau végétatif ; ce noyau possède les mêmes proportions relatives de masse chromatique et de suc nucléaire que le noyau de la cellule-mère ; il présente donc les mêmes caractères physiologiques bien que possédant au stade dit du spirème un aspect un peu différent morphologiquement.

Les noyaux jumeaux entrent de nouveau en division, immédiatement, sans passer préalablement par une phase de repos. Ce fait a une certaine importance au point de vue physiologique, car il montre, que l'action retardatrice, qui se manifestait avant la première cinèse, a maintenant disparu.

Au stade de la métaphase, les surfaces des plaques nucléaires sont environ moitié moindres de celles de la première cinèse, ce qui montre nettement, que pendant l'intercinèse, la masse chromatique est restée constante ; la comparaison avec les cinèses végétatives montre, également, que la masse chromatique, qui entre dans chacun des quatre noyaux à la fin de la deuxième cinèse, *est sensiblement égale* (en réalité elle est très légèrement supérieure) à celle qui entre à la télophase dans la constitution d'un noyau végétatif. En somme, la deuxième cinèse présente de grandes analogies avec la première ; elle en diffère cependant profondément en ce qu'elle ne divise pas comme cette dernière les noyaux en deux autres de volume moitié moindre. Les noyaux provenant de la deuxième cinèse sont, en effet, près de quatre fois plus petits que les noyaux jumeaux et sont même, comme le montrent les courbes, plus petits que les noyaux végétatifs.

D'ailleurs cette réduction n'a qu'un caractère temporaire ; les courbes ci jointes montrent, en effet, qu'après la formation de la membrane propre des cellules polliniques les volumes des noyaux reproducteurs augmentent de nouveau, ainsi que les masses chromatiques.

Ce sont ces caractères, que nous avions rencontré aussi tout au commencement de la première cinèse, qui indiquent pour nous le début du second cycle. Chacun des deux cycles peut donc être caractérisé par ce fait qu'il se produit, au début, un accroissement général de la cellule, du noyau et de la masse chromatique. Celle-ci, comme le montre le calcul, augmente chez le *Nymphæa alba* de 2,4 fois et chez le *Nuphar luteum* de 2,3 fois pendant l'intervalle qui sépare la troisième division de la seconde. Pendant la même période, les volumes des noyaux ont augmenté chez le *Nymphæa alba* de 2,5/1 et chez le *Nuphar luteum* de 4/1. Nous constatons donc, au début de la troisième cinèse, la même augmentation relative plus rapide du suc nucléaire dans le noyau que nous avons observé au commencement de la première division, et ce phénomène est très net chez le *Nuphar luteum* Si nous n'observons pas de stade synapsis, cela tient sans doute à ce que le développement prépondérant du suc nucléaire s'arrête plus tôt que pendant la première cinèse.

La troisième cinèse ressemble à la deuxième, parce qu'elle produit une diminution générale du volume de la masse nucléaire ; la somme des volumes de deux noyaux, qui en proviennent, est moindre, en effet, que le volume du noyau primitif chez les deux espèces, et comme d'ordinaire ce phénomène est plus fortement accentué chez le *Nuphar luteum.* En même temps, la troisième cinèse diffère profondément des deux premières, parce qu'elle donne naissance à deux noyaux de volume inégal. L'un d'eux, le noyau végétatif, est plus gros que la moitié du volume du noyau primitif et que le noyau du parenchyme végétatif ; l'autre, le noyau générateur, est plus petit que ces deux quantités. Si l'on calcule le rapport de la somme des volumes des deux noyaux à celui du grain de pollen mûr, on trouve le même nombre 1/18 chez les deux espèces ; ce rapport est environ 3 fois plus grand que le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire, dans le parenchyme végétatif au même stade.

Nous constatons ainsi, que dans les grains de pollen mûrs, la masse nucléaire est relativement beaucoup plus abondante par rapport à la masse cellulaire, que dans le tissu végétatif des étamines ; il en résulte que les grains de pollen peuvent encore augmenter de volume considérablement sans avoir besoin d'accroître en même temps leur masse nucléaire. Il est intéressant de remarquer que le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire dans les grains polliniques mûrs, est le même que le rapport correspondant dans le parenchyme initial des étamines au stade le plus jeune que nous ayions étudié. Les grains de pollen se trouvent donc à ce point de vue dans un état comparable au stade très jeune du tissu végétatif. Or ce stade est suivi dans ce dernier tissu d'un accroissement très rapide. Il en est de même lors de la germination pour le grain de pollen, ce qui permet de comprendre la croissance rapide des tubes polliniques qui se forment à ce moment.

Il nous reste enfin à discuter l'interprétation qu'il y a lieu de donner à la troisième division par rapport à la réduction chromatique. Cette interprétation varie naturellement, suivant que l'on admet ou non, qu'il se produit pendant la troisième cinèse, une répartition inégale, entre les deux noyaux, des chromosomes du noyau primitif du grain de pollen.

Dans la première hypothèse, c'est-à-dire en admettant une division inégale, il est possible qu'il y ait réduction quantitative absolue de la masse chromatique, mais il est à remarquer, ainsi que nous l'avons montré plus haut, que cette réduction, si elle existe, est insuffisante ; il faut donc penser dans ce cas que c'est la quatrième cinèse qui produirait la réduction définitive de la masse chromatique. Si l'on attribue aux chromosomes d'origine paternelle et maternelle la qualité de conserver toujours leur individualité, il devient alors assez logique dans l'hypothèse précédente, d'attribuer à la troisième cinèse, chez les deux espèces étudiées, un certain rôle dans la réduction qualitative ; il devient en effet assez légitime de supposer que pendant la séparation de la petite partie de la masse chromatique destinée au noyau générateur, se séparent principalement les chromosomes provenant soit du père soit de la mère.

Dans l'hypothèse d'une répartition égale des chromosomes pendant la troisième cinèse, la question de la réduction quantitative se résout dans le sens négatif le plus net. Si l'on envisage alors l'évolution de la masse chromatique de la télophase de la deuxième cinèse à la télophase de la troisième, c'est-à-dire pendant la durée du cycle évolutif compris entre deux cinèses successives, on voit que cette évolution est très semblable à celle de la masse chromatique d'un noyau végétatif ; d'autre part, les quantités de chromatine qui entrent en jeu sont assez voisines de part et d'autre.

Le second cycle serait donc alors caractérisé par le retour de l'évolution chromatique du noyau aux conditions d'évolution d'un noyau végétatif et le noyau générateur au repos serait aussi, au point de vue chromatique, très comparable à un noyau végétatif au même stade, c'est-à-dire ne présenterait aucune réduction de masse chromatique.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES RÉSULTATS

Nons donnons ici un résumé général de nos observations et des résultats que nous avons obtenus sur les deux espèces étudiées en laissant aux recherches futures le soin de montrer dans quelle mesure, les résultats de notre travail peuvent être étendus aux autres végétaux ; nous envisagerons successivement les résultats d'ordre purement morphologique et ceux qui découlent des mesures effectuées.

a) Résultats d'ordre morphologique.

1° Au stade prosynapsis, le filament nucléaire est disposé en un réseau présentant çà et là des granules de chromatine ; les filaments du réseau et les granules sont simples, comme il arrive d'ordinaire chez les Monocotylédones.

2° Le stade synapsis est caractérisé : 1° par la rupture probable de la membrane nucléaire ; 2° par la concentration du réseau nucléaire en une masse spongieuse qui entoure le nucléole ; 3° par la fusion des granules chromatiques en corpuscules moins nombreux et plus gros.

3° Au stade du spirème, le filament chromatique remplit de nouveau la cavité nucléaire ; chez le *Nymphæa alba*, ce filament est ramifié et présente plutôt l'aspect d'un réseau ; *à aucun moment le* *spirème ne se divise longitudinalement comme le fait a été signalé chez la plupart des plantes.*

3º La formation des chromosomes se fait par condensation de la chromatine en divers points du spirème, *c'est-à-dire, suivant un processus très différent de celui décrit jusqu'ici chez les autres végétaux.*

5º Le fuseau de la première cinèse présente les caractères généralement décrits, et se constitue aux dépens de la substance nucléaire (probablement linine et nucléole) qui diffuse à l'extérieur du noyau en déterminant une réduction de volume de ce dernier.

6º La division des chromosomes à la métaphase se fait par étranglement; à l'anaphase, les chromosomes des noyaux jumeaux présentent le phénomène de la vacuolisation et s'unissent en réseau sans former de spirème proprement dit.

7º A la télophase apparaît, dans l'équateur du fuseau de *Nymphæa alba*, une plaque cellulaire granuleuse, qui disparaît avant le début de la deuxième cinèse.

8º La deuxième cinèse succède à la première sans que le noyau passe par une phase de repos; il ne se différencie pas de spirème au sens ordinaire de ce mot, la chromatine se condense aux angles du réseau nucléaire pour former les chromosomes.

9º Les chromosomes se divisent suivant leur longueur à la métaphase et présentent à l'anaphase le phénomène de la vacuolisation.

10º A la télophase, il apparaît, à l'équateur de chaque fuseau de *Nymphæa alba*, une plaque cellulaire granuleuse, qui disparaît, ainsi que le fuseau correspondant, avant l'apparition simultanée des cloisons qui divisent la cellule-mère en quatre cellules-filles. La production de ces cloisons est précédée de la formation de nouveaux fuseaux d'origine cytoplasmique qui semblent diriger différenciation.

11º Il est probable que les plaques granuleuses transitoires, qui apparaissent à la fin de chacune des deux premières cinèses polliniques de *Nymphæa alba,* représentent un reste d'une division ancestrale successive des cellules-mères du pollen.

12º La courbure des fuseaux, à la métaphase des deux cinèses de *Nymphæa alba* et de la deuxième cinèse de *Nuphar luteum*, doit être attribuée à la position excentrique du noyau, car on ne l'observe pas à la première cinèse de *Nuphar luteum*, où le noyau occupe le centre de la cellule.

13° Le nombre des chromosomes comptés à la métaphase de la première et de la deuxième cinèse est de 17 chez le *Nuphar luteum.*

14° L'épaississement de la membrane de la cellule-mère, ainsi que la formation et la croissance de la membrane propre des grains de pollen, présentent les caractères généraux connus ; cependant chez le *Nymphæa alba*, la membrane du pollen s'épaissit, non seulement suivant la mode ordinaire, mais encore par apposition d'éléments préalablement différenciés au sein du protoplasme des cellules nourricières.

15° Avant d'entrer en division, le noyau du pollen prend une position excentrique, et vient s'appuyer à la couche membraneuse du cytoplasme.

16° Pendant la prophase de la troisième cinèse, il ne se constitue pas de spirème au sens ordinaire du mot, mais le réseau nucléaire se condense en bandelettes chromosomiques, formant une sorte de spirème discontinu, puis en petits chromosomes de forme légèrement courbée.

17° Le fuseau de la troisième cinèse à une origine exclusivement intranucléaire ; sa direction est perpendiculaire à la membrane cellulaire, et sa forme très spéciale.

18° La division des chromosomes s'effectue longitudinalement à la métaphase ; leur nombre est de 17 chez le *Nuphar luteum.*

19° A l'anaphase on observe la vacuolisation des chromosomes, et leur répartition en deux masses qui à l'aspect semblent inégales ; le fuseau à ce stade présente une forme cylindrique ou tronc-conique.

20° A la télophase, les chromosomes s'unissent en un nouveau réseau, et il se forme une plaque cellulaire isolant une cellule génératrice de forme lenticulaire ; les fibrilles du fuseau sont, à ce stade, très écartées, et les extrémités de quelques-unes se terminent librement dans le cytoplasme de la cellule pollinique végétative.

21° Avant la troisième cinèse on observe fréquemment, chez les deux espèces, l'expulsion hors du noyau d'une partie du nucléole.

22° Dans les cellules végétatives, les chromosomes se forment par condensation du réseau chromatique en bandelettes ; ces dernières se contractent à leur tour pour former les chromosomes définitifs.

23° Dans certaines cellules végétatives de l'anthère, le nombre des chromosomes semble être, chez le *Nuphar luteum*, nettement inférieur au double du nombre des chromosomes des cellules-mères du pollen.

24° Les deux espèces étudiées se rapprochent : 1° des Monocotylédones, par la nature simple du réseau au stade prosynapsis, et par la dissociation précoce des cellules-mères du pollen ; 2° des Dicotylédones par la bipartition simultanée des cellules-mères du pollen à la fin de la deuxième cinèse.

b) RÉSULTATS RELATIFS AUX MESURES.

1° Il existe chez les deux espèces étudiées un certain rapport entre la masse nucléaire et la masse cellulaire. Si l'on compare les cellules de l'une des deux espèces à celles du même tissu chez l'autre, on constate que celles qui ont les dimensions les plus grandes présentent aussi les noyaux les plus volumineux.

2° Dans le tissu végétatif, pris au même état de développement chez les deux espèces, le rapport entre les volumes des cellules est égal au rapport des volumes des noyaux. Ce dernier est lui-même sensiblement égal à celui des masses chromatiques mesurées à la métaphase de la division nucléaire.

3° Dans une même espèce, le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire varie suivant le tissu étudié et le stade de développement de ce dernier.

4° Le volume d'un noyau appartenant au parenchyme végétatif des étamines, mesuré au stade du repos, reste sensiblement le même au cours du développement du tissu. Le volume de la cellule, au contraire, s'accroît constamment, en suivant les lois générales de la croissance. Il en résulte, que le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire, dans le parenchyme des étamines, diminue sans cesse avec le développement du tissu.

5° Dans le tissu reproducteur, le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire, à partir de la différenciation des cellules-mères du pollen, est toujours plus grand que dans le parenchyme végétatif.

6° Dans le développement du tissu reproducteur, on peut distinguer deux cycles successifs : le premier débute par la différenciation des cellules mère du pollen, et finit au cloisonnement des cellules après la deuxième cinèse ; le second commence à ce dernier stade, et comprend le développement des tétrades et la troisième cinèse. La croissance des cellules, dans chacun de ces cycles, présente les mêmes traits généraux que celle des cellules du tissu végétatif.

7° Le premier cycle de développement du tissu reproducteur est caractérisé par le retard de la division nucléaire, et l'accumulation énorme de la masse nucléaire par rapport à la masse cellulaire. Cette accumulation est dûe à une croissance des noyaux plus rapide relativement que celle des cellules.

8° L'accroissement des noyaux reproducteurs comprend celui de la masse lino-chromatique et celui du suc nucléaire. Depuis le stade prosynapsis jusqu'au stade synapsis, l'augmentation du suc nucléaire marche beaucoup plus rapidement que l'augmentation de la masse lino-chromatique.

9° Le stade synapsis ne représente pas un stade spécial de la division nucléaire, mais plutôt un état spécifique du noyau, provoqué par l'augmentation exagérée du suc nucléaire. Ce stade est caractérisé par la rupture probable de la membrane nucléaire, et la condensation du réseau lino-chromatique en une masse spongieuse autour du nucléole.

10° Le stade du spirème, qui vient ensuite, correspond à une reconstitution morphologique du noyau, et au rétablissement des justes proportions de suc nucléaire et de masse lino-chromatique ; il se traduit par une diminution de volume du noyau, et par un abaissement du rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire lequel était maximum au stade synapsis.

11° Le deuxième cycle de développement du tissu reproducteur est également caractérisé au début par un accroissement de volume du noyau. Cet accroissement présente les mêmes caractères qu'au stade prosynapsis, c'est-à-dire est dû principalement au suc nucléaire, mais il cesse plus tôt et l'on n'observe pas de stade synapsis.

12° Le rapport de la masse nucléaire à la masse cellulaire diminue d'une manière constante pendant le deuxième cycle de développement après la formation des membranes propres des grains de pollen. Cette diminution est due à la croissance des cellules relativement plus rapide que celle des noyaux, et aussi à la diminution de la masse nucléaire totale produite par la troisième cinèse.

13° Les trois cinèses polliniques diffèrent d'une cinèse végétative : 1° parce qu'elles mettent en jeu à la métaphase une masse chromatique plus grande ; 2° par la quantité de suc nucléaire des noyaux reproducteurs qui est supérieure à celle des noyaux végétatifs, non seulement d'une manière absolue, mais encore par rapport à la masse chromatique.

14° *La première cinèse* est caractérisée au point de vue quantitatif :

1° Par la division du noyau en deux autres de volume moitié moindre, et par une répartition égale de la masse chromatique, entre ces deux noyaux.

2° Parce qu'elle met en jeu une masse chromatique un peu plus que double de celle des cinèses végétatives.

La deuxième cinèse est caractérisée :

1° Par la division égale de la masse chromatique.

2° Par une diminution générale de la masse nucléaire totale, due à une réduction du volume relatif du suc nucléaire, dans chacun des quatre noyaux, dont le volume devient plus petit que celui d'un noyau végétatif au repos.

3° Parce qu'elle met en jeu une masse chromatique peu différente de celle d'une cinèse végétative.

La troisième cinèse est caractérisée :

1° Par la diminution générale de la masse nucléaire totale.

2° Par la mise en jeu, à la métaphase, d'une masse chromatique un peu plus grande que celle d'une cinèse végétative.

3° Par la formation de deux noyaux, le noyau végétatif qui est plus gros, et le noyau générateur qui est plus petit qu'un noyau du parenchyme végétatif des étamines. Par la division du cytoplasme en deux parties très inégales. La différence de volume des noyaux végétatifs et générateur du pollen pourrait être attribuée à une inégale division de la masse chromatique pendant la troisième cinèse qui, dans cette hypothèse seulement, jouerait un rôle important au point de vue de la réduction chromatique.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche 1.

Fig. 1. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, noyau au stade prosynapsis.

Fig. 2. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, noyau au même stade.

Fig. 3. *Id.* — Cellule du parenchyme de l'anthère, noyau au repos.

Fig. 4. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, noyau au stade synapsis.

Fig. 5. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, noyau au même stade.

Fig. 6. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, noyau à un stade intermédiaire entre le stade synapsis et le stade spirème.

Fig. 7. *Id.* — Cellule-mère du pollen, noyau au stade du spirème.

Fig. 8. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, noyau au stade du spirème; la membrane du noyau est bien différenciée et se détache nettement du cytoplasme dont elle est séparée par un espace hyalin.

Fig. 9. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, spirème bien développé.

Fig. 10. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, formation des chromosomes.

Fig. 11. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, même stade.

Fig. 12. *Nymphæa alba.* — Noyau de la cellule-mère du pollen, formation des chromosomes, stade plus avancé que le précédent.

Fig. 13. *Nuphar luteum.* — Noyau de la cellule-mère du pollen, chromosomes formés.

Fig. 14. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, chromosomes formés, stade précédant la formation du fuseau.

Planche 2.

Fig. 15. *Nymphæa alba.*
Fig. 16. *Id.*
Fig. 17. *Id.*
Fig. 18. *Id.*
Fig. 19. *Id.*
Fig. 20. *Id.*

Cellule-mère du pollen.
Stades successifs de la formation du fuseau.

Fig. 21. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, fuseau bipolaire entièrement formé, sommets situés dans la couche hyaline du cytoplasme.
Fig. 22. *Id.* — Cellule-mère du pollen, fuseau dont le sommet s'appuie à la couche membraneuse du cytoplasme.
Fig. 23. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, fuseau bipolaire entièrement formé.
Fig. 24. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, section de la plaque nucléaire, suivant un plan perpendiculaire au fuseau.
Fig. 25. *Nuphar luteum.* — Cellule-mère du pollen, section de la plaque nucléaire, suivant un plan perpendiculaire au fuseau.
Fig. 26. *Id.* — Cellule-mère du pollen, division des chromosomes à la métaphase.
Fig. 27. *Id.* — Noyau végétatif, début de la division.
Fig 28. *Id.* — Id. stade du spirème.
Fig. 29 et 30. *Id.* — Id. stade de la formation des chromosomes.
Fig. 31. *Id.* — Id. stade de la métaphase.
Fig. 32. *Id.* — Id. plaque nucléaire vue du pôle pendant la métaphase.
Fig. 33 et 34. *Id.* — Cellule mère du pollen, anaphase.
Fig 35. *Nymphæa alba.* — Cellule-mère du pollen, anaphase.
Fig. 36. *Id.* — Cellule-mère du pollen, télophase, apparition de la plaque cellulaire.

PLANCHE 3.

Fig. 37. *Id.* — Cellule-mère du pollen, télophase, développement de la plaque cellulaire et formation de la membrane nucléaire des noyaux jumeaux.
Fig. 38. *Id.* — Cellule-mère du pollen, plaque cellulaire complètement développée, formation des nucléoles des noyaux jumeaux.
Fig. 39. *Id.* — Noyaux jumeaux complètement formés.
Fig. 40. *Nuphar luteum.* — Anaphase. Commencement de vacuolisation des chromosomes.
Fig. 41. *Id.* — Fin de l'anaphase. Chromosomes vacuolisés.
Fig. 42 *Id.* — Télophase. Commencement de formation du réseau nucléaire.
Fig. 43. *Id.* — Télophase. Noyaux jumeaux aplatis.
Fig. 44. *Id.* — 2^e division. Stade du spirème.

Fig. 45. *Nuphar leteum.* — 2e division. Formation des chromosomes.
Fig. 46. *Nymphæa alba.* — 2e division. Stade du spirème.
Fig. 47. *Id.* — 2e division. Formation des chromosomes,
Fig. 48. *Nuphar luteum.* — 2e division. Anaphase ; chromosomes vacuolisés.
Fig. 49. *Nymphæa alba.* — Fuseau de la 2e division au stade de la métaphase.
Fig. 50. *Nuphar luteum.* — Plaques nucléaires de la 2e division.
Fig. 51. *Nymphæa alba.* — 2e division. Anaphase ; formation des plaques cellulaires.
Fig. 52. *Nuphar luteum.* } Fin de la 2e division ; formation des fibrilles
Fig. 53. *Nymphæa alba.* } entre les 4 noyaux.

Planche 4.

Fig. 54. *Nymphæa alba.* — Formation de la membrane cellulaire entre les 4 noyaux.
Fig. 55. *Id.* — Tétrades. Épaississement de la membrane cellulaire.
Fig. 56. *Id.* — Tétrades. Dissolution de la membrane de la cellule-mère pollinique.
Fig. 57. *Id.* — Pollen jeune. Commencement de la formation de l'exine.
Fig. 58. *Id.* — Pollen jeune. Formation de l'exine aux dépens du cytoplasme des cellules nourricières.
Fig. 59. *Id.* — Le même stade mais plus avancé.
Fig. 60. *Nuphar luteum.* — Tétrades. Formation de l'exine.
Fig. 61. *Id.* — Grain de pollen jeune.
Fig. 62. *Id.* — Grain de pollen un peu plus développé, entouré par le cytoplasme des cellules nourricières.
Fig. 63. *Nymphæa alba.* — 3e division. Stade du spirème.
Fig. 64. *Nuphar luteum.* — » Stade du spirème.
Fig. 65. *Nymphæa alba.* — » Formation des chromosomes.
Fig. 66. *Nuphar luteum.* — » Même stade.
Fig. 67. *Nymphæa alba.* — » Chromosomes formés.

Planche 5

Fig. 68. *Nuphar luteum.* — » Formation des chromosomes.
Fig. 69. *Id.* — » Formation du fuseau.
Fig. 70. *Id.* — » Formation du fuseau ; stade plus avancé.

Fig. 71.	*Nymphæa alba.*	— 3e division. Plaque nucléaire.
Fig. 72.	*Id.*	— » La même plaque vue de côté.
Fig. 73.	*Id.*	— 3e division. Anaphase.
Fig. 74.	*Id.*	— » Anaphase plus avancée.
Fig. 75.	*Id.*	» Télophase.
Fig. 76.	*Id.*	
Fig. 77.	*Id.*	
Fig. 78.	*Id.*	— Noyaux au repos dans le pollen mûr.
Fig. 79.	*Nuphar luteum.*	— 3e division. Métaphase.
Fig. 80.	*Id.*	— » Anaphase.
Fig. 81.	*Id.*	— » Anaphase plus avancée.
Fig. 82.	*Id.*	» Télophase.
Fig. 83.	*Id.*	
Fig. 84.	*Id.*	
Fig. 85.	*Id.*	— Vacuolisation des chromosomes pendant la télophase.
Fig. 86.	*Id.*	— Formation du réseau nucléaire après la troisième cinèse dans le noyau végétatif.
Fig. 87.	*Id.*	— Noyaux du pollen mûr.
Fig. 88.	*Id.*	— Espace hyalin entre la cellule génératrice et la cellule végétative.
Fig. 89.	*Id.*	— 3e division. Anaphase. Inégale répartition des chromosomes.

REVUE DES TRAVAUX

SUR LES CHAMPIGNONS

PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES

parus de 1898 à 1906 (*Suite*)

Ruhland (1) fait une étude détaillée du noyau des Basidiomycètes, et particulièrement des noyaux végétatifs et des noyaux de la baside, avant, pendant et après la copulation jusqu'à la formation des spores. Les observations établissent : 1° que dans les articles du Champignon, les noyaux sont toujours au nombre de deux et qu'ils sont souvent accolés par paires ; 2° qu'il n'y a jamais dans la baside jeune que deux noyaux primaires ; 3° que ces noyaux, d'origine très différente, se fusionnent pour donner le noyau secondaire ou œuf de Dangeard d'où sortiront par deux divisions successives les quatre noyaux des spores.

Comme on le voit, c'est la confirmation des faits annoncés par Dangeard ; cependant, l'auteur ne partage pas ses idées théoriques : la *karyogamie intracellulaire* n'est pas à ses yeux un véritable acte sexuel comparable à celui de la fécondation des plantes supérieures ; la théorie des énergides de Sachs qui considère un article comme une réunion de « cellules physiologiques », ne lui paraît pas assez solidement établie pour admettre l'équivalence physiologique entre cette karyogamie et un véritable acte sexuel. Toutefois, la parenté très éloignée des noyaux copulateurs, la structure du noyau secondaire de la baside différente de celle des noyaux végétatifs, la phase de repos que subit le noyau avant de donner lieu à la formation des organes de multiplication asexuée, l'amènent à penser que la *karyogamie* intracellulaire résulte d'une déviation par adaptation du type normal de la sexualité qui se serait perdu.

L'important travail de **Maire** (2), fait en même temps que le précédent et publié peu après, a encore mieux précisé nos connaissances sur les Urédinées et surtout sur les Basidiomycètes, et révélé chez tous ces champignons une remarquable unité dans leur structure cytologique. Nous rapporterons ici de nombreux résultats que l'auteur a mis en évidence, ceux qui se rapportent au problème qui nous occupe et ceux qui lui ont servi à établir sa conception de la sexualité.

---

(1) Ruhland : *Zur Kenntnis der intracellularen Karyogamie bei den Basidiomyceten* (Bot. Zeitung. Oct. 1901).

(2) R. Maire : *Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes* (Thèse de doct., nov. 1902).

Maire, montre par l'étude d'un grand nombre de types empruntés à toutes les familles, que les Basidiomycètes ont une structure et une évolution nucléaire tout-à-fait comparable à celle que Sappin-Trouffy a mis en évidence pour les Urédinées. Pendant la plus grande partie de la vie du champignon, les cellules renferment deux noyaux qui se divisent toujours simultanément par mitose pour donner deux couples de noyaux fils. Maire désigne l'ensemble de ces deux noyaux conjugués sous le nom de *Synkaryon*. Chacun des noyaux renferme deux chromosomes ; le synkaryon en présente donc 4 à chaque mitose conjuguée. Cette structure de noyaux accouplés en synkaryon persiste jusque dans la baside jeune, qui montre au début un seul synkaryon. Les deux noyaux qui les constituent, toujours nettement isolés l'un de l'autre et provenant de mitoses successives, simultanées pour les deux noyaux, n'ont donc qu'une parenté très éloignée. Dans la baside, pour la première fois, les deux noyaux du Synkaryon se fusionnent. C'est la fusion de Dangeard, et le noyau unique qui en résulte est le *noyau secondaire de la baside*. Toujours de grande taille, ce noyau passe par un stade *synapsis* analogue à la phase synapsis des cellules sporogènes ou des cellules-mères des grains de pollen et du sac embryonnaire.

Aussitôt après, il présente une première division qui présente les particularités suivantes : le filament chromatique se fragmente d'abord en granulations de nombre variable *(protochromosomes)* qui s'agglomèrent bientôt en 2 chromosomes placés au milieu du fuseau. Le noyau secondaire de la baside qui résulte de la fusion de 2 noyaux à 2 chromosomes chacun n'en a lui-même que 2. Il y a donc eu, en même temps que fusion, réduction chromatique. La seconde division survient bientôt et les 4 basidiospores reçoivent chacune un noyau simple. A la germination, le mycélium primitif, ainsi que les conidies qui en dérivent, présentent aussi des noyaux simples, et cet état persiste jusqu'à la formation du premier synkaryon.

L'auteur a rarement pu déterminer le moment où la phase d'article avec synkaryon se substitue à la phase de cellules avec noyaux simples. Il a cependant constaté que les organes mycéliens différenciés tels que rhizomorphes, sclérotes, carpophores, jusqu'à la baside, renferment toujours des synkaryons tandis que les filaments mycéliens issus des basidiospores et non encore agglomérés ont des noyaux simples. Quant à la formation du synkaryon, dans les rares cas où l'auteur l'a vu se produire, elle résulte d'une mitose d'un noyau simple non suivie de cloisonnement.

Tels sont les faits principaux mis en évidence par Maire. Ils concordent avec les recherches antérieures de Dangeard, de Sappin-Trouffy, de Ruhland, et montrent pour tout le groupe des Basidiomycètes une remarquable uniformité. Maire en a tiré une conception de la sexualité un peu différente de celle de ses devanciers et dans laquelle il fait entrer non seulement les Basidiomycètes, mais encore l'ensemble des êtres vivants. Il considère la série de transformations que subit le noyau dans tout le cycle vital d'un individu et constate que, dans les Métazoaires chez les animaux, dans les Phanérogames, les Ptéridophytes et les Bryophytes chez les plantes, elle est tout à fait comparable et présente les trois phases suivantes : 1° une première phase (phase *sporophyte* de Strasburger), partant de l'œuf, pendant laquelle tous les noyaux ont 2 chromosomes ; 2° une deuxième phase (phase *protogamétophyte*), pendant laquelle se fait la réduction du nombre des chromosomes et la production des noyaux ancêtres des gamètes ; 3° une troisième phase (phase *gamétophyte*), pendant laquelle les noyaux n'ont que n chromosomes. Ces trois phases de la vie individuelle sont plus ou moins courtes suivant les groupes considérés.

Au contraire, chez les Protophytes, il n'y a jamais, avant comme après la fusion des noyaux, que n chromosomes pendant toute la durée de la vie. Le stade sporophyte n'existe pas. Cette différence paraît considérable à l'auteur et il pense que le phénomène de sexualité représenté par la fusion de deux noyaux n'a pas la même valeur dans les deux cas. Il leur donne des noms différents Pour lui, quand deux noyaux à n chromosomes s'unissent pour donner un être à $2n$ chromosomes, il y a *sexualité avec fécondation*. C'est le cas des Métazoaires et des plantes supérieures. Quand deux noyaux à n chromosomes s'unissent et qu'il en résulte immédiatement un développement de cellules à n chromosomes, il y a *sexualité avec mixie*. C'est le cas des Protophytes. C'est aussi le cas des Basidiomycètes, car, dans la jeune baside, les deux noyaux du synkaryon, chacun à deux chromosomes, s'unissent en un noyau qui, à la première division montre seulement deux chromosomes. La karyogamie intracellulaire qui se produit dans la baside jeune n'est donc pas une véritable fécondation comme le veut Dangeard, c'est une *mixie*.

L'œuf ainsi produit n'est pas comparable à celui d'une plante supérieure, mais bien plutôt à celui d'un *Chlamydomonas* ou d'un *Cosmarium*.

Cependant, dans l'esprit de l'auteur, les Basidiomycètes (et aussi les Ascomycètes, auxquels il étend ces considérations) ne sont pas aussi éloignés qu'on pourrait le croire des végétaux supérieurs qui ont une sexualité avec fécondation. Il voit une grande analogie entre le synkaryon des Basidiomycètes et le noyau à $2n$ chromosomes des êtres ayant un stade sporophyte Le noyau à $2n$ chromosomes de ces derniers serait un double noyau, un synkaryon. Bien qu'indistincts dans un corpuscule ayant l'apparence d'un noyau ordinaire, les chromosomes de chacun des noyaux théoriques perpétueraient leur individualité au travers des séries successives de mitoses jusqu'aux phénomènes de réduction qui séparent le stade sporophyte (ou synkaryophyte) du stade progamétophyte. A ce moment aurait lieu le fusionnement des 2 noyaux théoriques, chacun à *n* chromosomes en un seul noyau à *n* chromosomes. La réduction chromatique ne serait donc qu'une mixie et les plantes supérieures et les Métazoaires présenteraient successivement dans l'évolution d'un seul individu une sexualité avec mixie (réduction chromatique) et une sexualité avec fécondation (formation de l'œuf avec noyau à 2 *n* chromosomes).

Les champignons supérieurs n'ont-ils pas ce second mode de sexualité ? D'après ce que nous venons d'exposer, s'il existe, il doit se placer au moment de la formation du synkaryon. Or, les travaux de Dangeard, de Sappin-Trouffy, pas plus que ceux de Maire, ne fournissent pas d'indications assez précises sur le lieu et le mode de formation du synkaryon pour qu'on soit fixé à ce sujet. On sait seulement que, dans les Urédinées, le synkaryon apparaît dès la formation des écidiospores pour se perpétuer jusqu'à la téleutospore, et que, dans les Basidiomycètes, il peut se montrer à un stade de la vie tout à fait indéterminé. Sa formation, dans les rares cas où elle a été observée par Maire, ne diffère pas d'une division végétative ordinaire. Aussi Maire, en l'absence de faits plus précis et plus démonstratifs, se tient-il sur la réserve en ce qui concerne la présence de la sexualité avec fécondation dans les Champignons supérieurs.

Cette lacune dans nos connaissances relatives à la formation des synkaryons a été comblée récemment pour les Urédinées par les recherches très intéressantes de Blackman (1). Il a étudié en détail le *Phragmidium violaceum* et le *Gymnosporangium clavariæforme*. Dans ces Urédinées il a pu voir comment se fait l'association des noyaux qui constitueront le *Synkaryon*. L'écidie qui se développe sous l'épiderme d'une feuille, est formée, à l'origine, d'une rangée de cellules à un seul noyau qui se divisent en une cellule mononucléée supérieure qui restera stérile et une cellule inférieure également mononucléée qui sera la cellule fertile. Cette dernière s'accroît et, après un stade de repos, est fécondée par la migration à son intérieur d'un noyau d'une des cellules indifférenciées de sa base (fig. 14 à 16). Les deux noyaux s'accolent mais ne se fusionnent pas et constituent le premier synkaryon qui subira dès lors jusqu'à la téleutospore la série des mitoses conjuguées bien connues. Si l'on admet les théories de Maire dans toutes leurs conséquences cet accouplement de noyaux serait une véritable fécondation. Blackmann cependant arrive à une conception un peu différente. Il reprend en effet l'ancienne théorie de Tulasne et de Stahl sur la valeur sexuelle des spermaties. L'étude cytologique qu'il a faite de ces éléments lui a montré qu'ils ont la structure non pas d'une conidie mais de véritables cellules mâles à cause de la grosseur relative du noyau très dense, de la rareté du cytoplasme, de l'absence de toute réserve et de la présence d'une membrane cellulaire très mince. D'un autre côté, la structure des cellules fertiles qui se montrent au début de l'écidie est celle de cellules femelles, de sorte que, pour lui, la jeune écidie est une sorte d'organe reproducteur femelle. Il voit même dans la cellule stérile qui surmonte la cellule fertile, le reste d'un trichogyne analogue à celui qui se forme dans les Algues rouges ou les Lichens, qui présenteraient ainsi le même type de fécondation que les Urédinées. Ce mode de fécondation ne serait d'ailleurs plus fonctionnel, le noyau d'une cellule végétative voisine remplissant le rôle autrefois dévolu au noyau de la spermatie. Il se serait substitué au mode de fécondation primordial par trichogyne et spermatie une *fécondation végétative* réduite.

---

(1) V. H. Blackman : *On the Fertilization, alternation of generations and general cytology of the Uredineæ* (Ann. of Bot. XVIII, 1904, p. 323-373, 4 pl.).

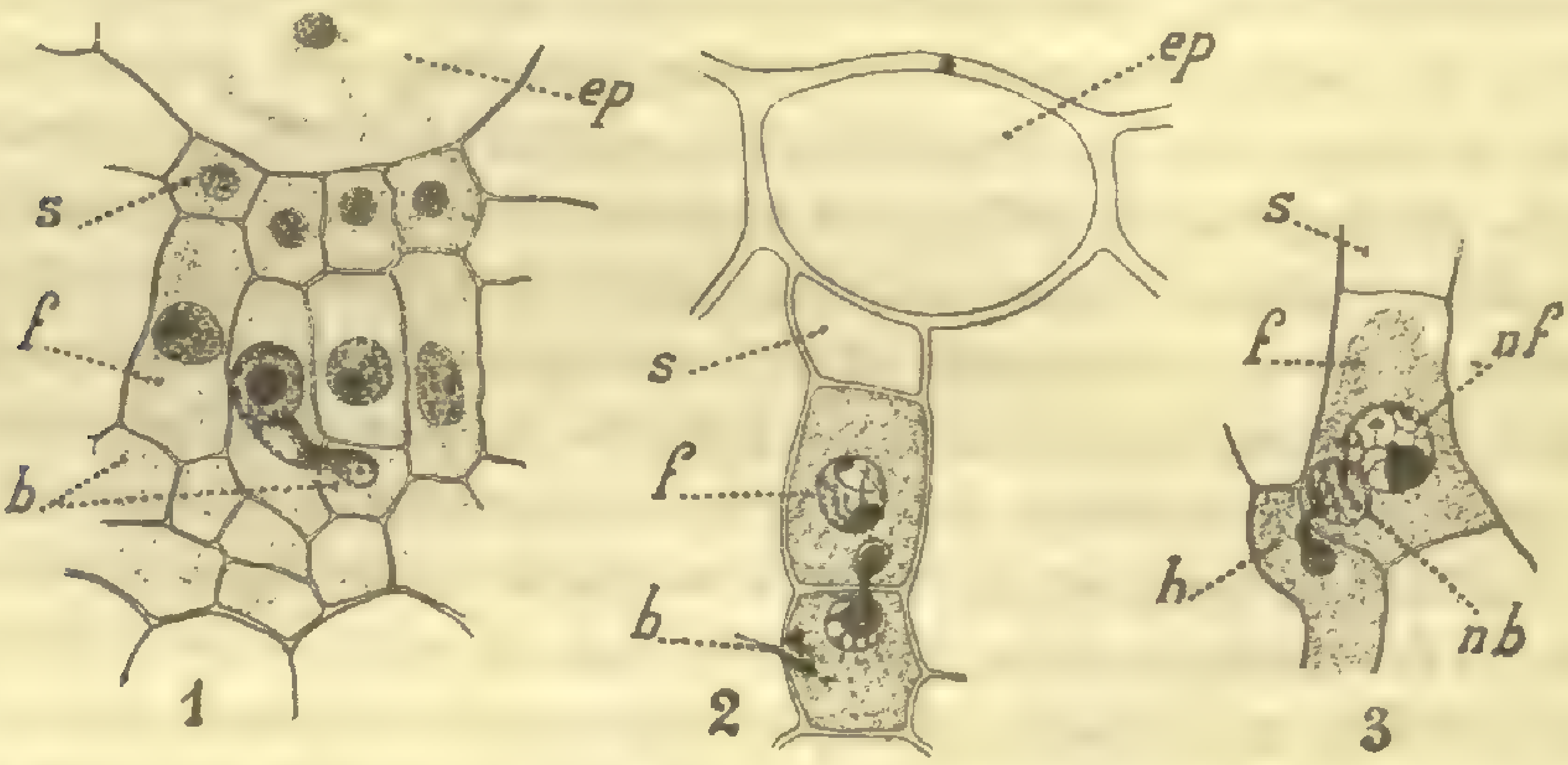


Fig. 14 à 16. — Cellules d'une jeune écidie de *Phragmidium violaceum* montrant un noyau passant d'une cellule basale dans la cellule fertile (D'après Blackman).

Relativement à l'évolution entière de la plante, l'auteur considère qu'elle présente une alternance de génération sexuelle et asexuelle aussi marquée que dans les plantes supérieures. La génération sexuelle (gamétophyte) serait le tronçon du cycle vital caractérisé par la présence d'un seul noyau, la génération asexuelle (sporophyte), le tronçon à deux noyaux. Le passage de l'une à l'autre se fait d'un côté, par fécondation végétative réduite (début de l'écidie), de l'autre par la fusion de Dangeard et Sappin-Trouffy (téleutospore). Cette dernière fusion ne serait donc pas un processus de fécondation mais une simple *réduction nucléaire* comme celle qui survient longtemps après la fécondation dans les *Cyclops* (Ruckert), le *Basidiobolus* (Raciborski) ou dans les plantes supérieures, au moment de la formation des tétrades ou des spores (stade synapsis). Quant à la réduction chromatique, l'auteur pense qu'elle est postérieure à la réduction nucléaire mais ne peut indiquer exactement à quel moment elle se produit. Nous avons vu que pour Maire elle a lieu quand les deux noyaux du synkaryon se fusionnent dans la téleutospore ou dans la baside jeune. Blackmann ne le pense pas, car pour lui les quatre masses chromatiques du synkaryon qui se fusionnent en deux masses chromatiques dans le noyau secondaire de la baside ou de la téleutospore ne sont pas de véritables chromosomes. Les véritables chromosomes resteraient plus ou moins fusionnés dans toutes les mitoses et ne seraient distincts que dans les divisions qui ont lieu dans le promycélium issu de la téleutospore (fig. 17 à 24). Ce seraient donc les protochromosomes de Maire qui auraient seuls la valeur de chromosomes distincts.

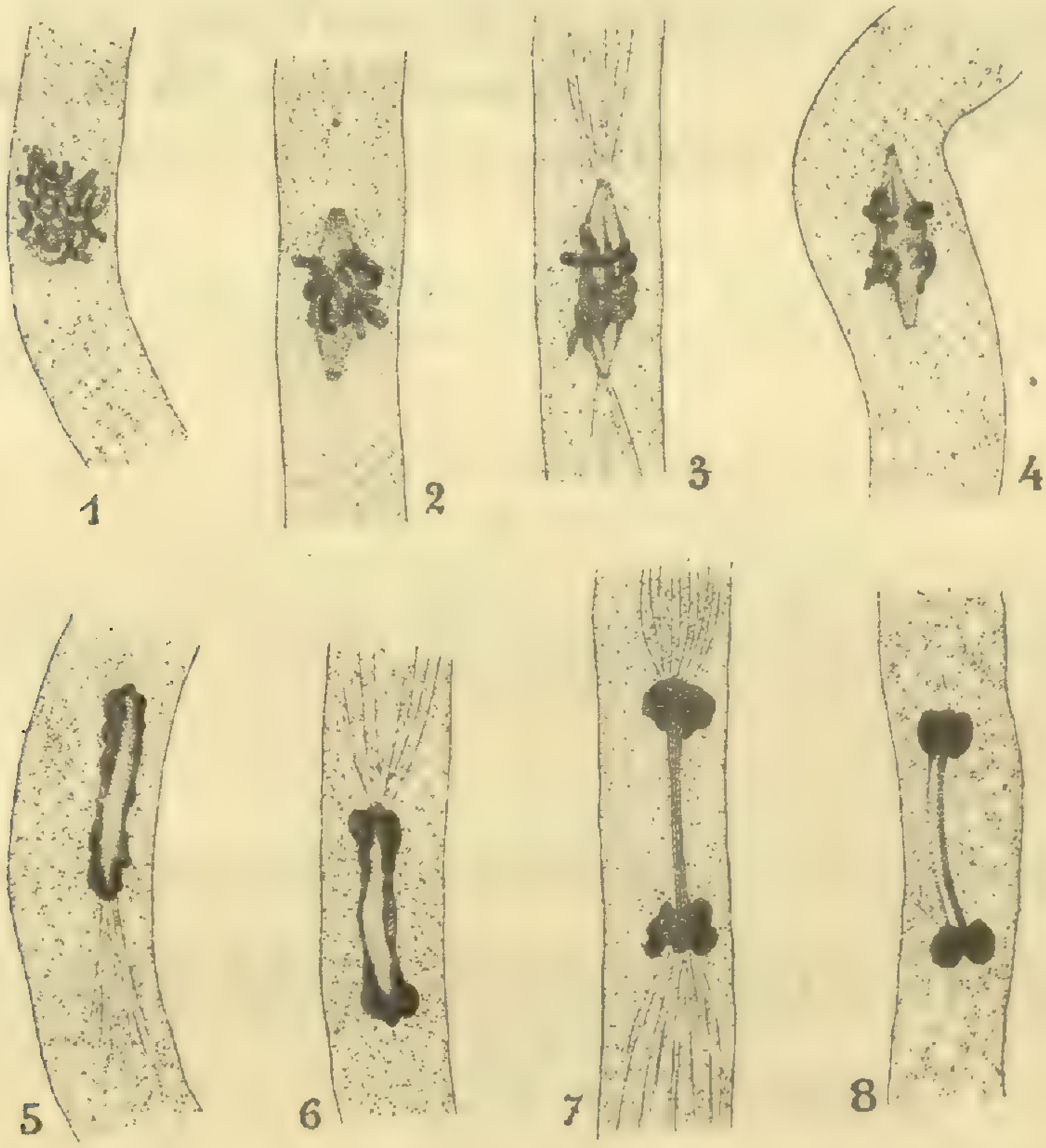


Fig. 17 à 24. — *Phragmidium violaceum*, Quelques stades de la première division nucléaire dans le tube germinatif d'une téleutospore montrant la pluralité des chromosomes qui se fusionnent à l'anaphase en deux masses chromatiques (D'après Blackman).

Blackman étend sa théorie à l'ensemble des Urédinées par analogie avec ce qui se passe pour les végétaux supérieurs. Dans les Urédinées à cycle raccourci le passage des cellules mononucléées aux cellules binucléées (c'est-à-dire le passage du gamétophyte au sporophyte) a lieu dans les urédospores ou si elles manquent dans les téleutospores. Ce serait un cas d'apogamie. Le cas de l'*Endophyllum* où l'écidiospore binucléée germe en téleutospore mononucléée par simple séparation des noyaux conjugués correspondrait aux cas d'aposporie des végétaux supérieurs. Enfin, les Basidiomycètes chez lesquels la fusion nucléaire dans la baside correspond à la fusion dans la téleutospore des Urédinées mais où la formation du synkaryon a lieu sans phénomène sexuel, correspondrait au cas des Urédinées à cycle réduit, c'est-à-dire au cas des Urédinées apogames. Les Urédinées qui ont des relations avec les algues rouges apparaîtraient ainsi comme une section des Basidiomycètes tout à fait primitive dans l'ordre philogénétique.

(*A suivre*). I. Gallaud.

430 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La **Revue générale de Botanique** paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.

22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Il sera rendu compte dans les revues spéciales *des ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique. De plus l'ouvrage envoyé sera annoncé immédiatement sur la couverture.*

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.

Battandier, professeur à l'École de médecine d'Alger.

Becquerel (Paul), docteur ès sciences.

Bernard, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen.

Blaringhem, docteur ès sciences.

Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences.

Bornet, membre de l'Académie des Sciences.

Boudier, président de la Société de Mycologie.

Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.

Briquet, prof. à l'Université de Genève.

Brunotte, chargé de cours à l'École de pharmacie de Nancy.

Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Études.

Costantin, professeur au Muséum.

Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.

Daguillon, professeur-adjoint à la Sorbonne.

Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Dassonville, docteur ès sciences.

Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.

Dubard, maître de Conférences à la Sorbonne.

Ducamp, docteur ès sciences.

Dufour, directeur-adj. du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau

Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.

Finet, préparateur au Muséum.

Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.

Flot, docteur ès sciences.

Fockeu, profes. à l'Université de Lille.

Friedel (Jean), docteur ès sciences.

Gain, professeur-adjoint à l'Université de Nancy.

Gallaud, docteur ès sciences.

Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.

Giard, membre de l'Académie des Sciences.

Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.

Grélot, professeur à l'Ecole supérieure de pharmacie de Nancy.

Griffon, professeur à l'École supérieure d'Agriculture de Grignon.

Guignard, membre de l'Académie des Sciences.

Guilliermond, docteur ès sciences.

Heckel, prof. à l'Université de Marseille.

Henry, prof. à l'École forestière de Nancy.

Hérissey, chef de travaux à l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

Hervier (l'abbé Joseph).

Hickel, inspecteur des forêts.

Hochreutiner, docteur ès sciences de l'Université de Genève.

Houard, préparateur à la Sorbonne.

Houlbert, docteur ès sciences.

Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.

Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.

Jaccard, professeur à l'Université de Lausanne.

Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.

Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.

Jonkman, de l'Université d'Utrecht.

Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.

Kővessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.

Lagerheim (de), prof. à l'Université de Stockholm.

Laurent, professeur à l'École de médecine de Reims.

Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Lefèvre (J.), professeur à l'École des Sciences du Hâvre.

Lesage, maître de Conférences à l'Université de Rennes.

Lothelier, docteur ès sciences.

Lubimenko, assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Macmillan (Conway), professeur à l'Université de Minnesota.

Magnin, prof. à l'Univers. de Besançon.

Maige, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger.

Matruchot, prof.-adjoint à la Sorbonne.

Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.

Mesnard, professeur à l'École de médecine de Rouen.

Mirande, maître de Conférences à l'Université de Montpellier.

Molliard, Chargé de cours à la Sorbonne.

Morkowine, docteur ès sciences, Marbourg.

Palladine, prof. à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Paulsen (O^{ve}), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.

Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.

Prillieux, membre de l'Académie des Sciences.

Prunet, prof. à l'Université de Toulouse.

Rabot (Charles), explorateur.

Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.

Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.

Ricôme, maître de Conférences à l'Université de Lille.

Russell (William), docteur ès sciences.

Sabline, de l'Université de Saint-Pétersbourg.

Seignette, docteur ès sciences.

Smirnoff, de l'Université de St-Pétersbourg.

Téodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucharest.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine de Besançon.

Trabut, prof. à l'École de médec. d'Alger.

Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.

Van Tieghem, membre de l'Académie des Sciences.

Viala, prof. à l'Institut agronomique.

Viguier, docteur ès sciences, préparateur au Muséum.

Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

Warming, prof. à l'Univ. de Copenhague.

Zeiller, membre de l'Académie des Sciences.

IMP. LE BIGOT FRÈRES

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Décembre 1907

N° 228

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

AVIS. — Ce numéro renferme la couverture du volume de 1907.

Pour ne pas éprouver de retard dans l'envoi de la *Revue*, on est prié de vouloir bien renouveler son abonnement pour 1908 en envoyant, avant le 10 Janvier, la somme de 20 francs (22 fr. 50 pour l'étranger) à M. l'Administrateur de la *Librairie générale de l'Enseignement*, 1, rue Dante, Paris (5e). *Si cette somme n'a pas été reçue le 15 Janvier,* **l'Editeur fera présenter une quittance par la poste, en même temps que l'abonné recevra le numéro du 15 Janvier. Les abonnements pour l'étranger sont payables d'avance.**

LIVRAISON DU 15 DÉCEMBRE 1907

Pages

I. — SUR LA COMPARAISON DES MUSCINÉES ET DES CRYPTOGAMES VASCULAIRES (avec figures dans le texte), par **M. Gaston Bonnier** 513

II. — NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR P. LACHMANN, par **M. L. Vidal** 522

III. — ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT DES RACINES ET DES RADICELLES DU CERATOPTERIS THALICTROIDES (avec figures dans le texte), par **M. Lachmann** 523

IV. — REVUE DES TRAVAUX SUR LES CHAMPIGNONS PHYCOMYCÈTES ET OOMYCÈTES, parus de 1898 à 1906 (avec figures dans le texte), par **M. I. Gallaud** (*fin*) 557

V. — TABLES DU VOLUME DE 1907. 560

Cette livraison renferme cinquante-six figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).

Préparations microscopiques
DANS TOUTES LES BRANCHES
DE L'HISTOIRE NATURELLE
MÉDAILLE D'OR A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

Embryologie. — Anatomie normale et pathologique. — Zoologie générale. — Sédiments urinaires. — Bactéries. — Physiologie et Anatomie végétale. — Textiles et papiers. — Champignons parasites. — Ferments. — Mousses. — Lichens. — Algues. — Diatomées. — Matières alimentaires et falsifications. — Pharmacie. — Minéralogie. — Objets préparés non montés en séries. — Collections spéciales pour les Lycées, Collèges et Ecoles normales, etc.

J. TEMPÈRE
Préparateur-Micrographe
à Gretz-sur-Loing (S.-M.).

☞ Envoi du Catalogue général franco sur demande.

MICROGRAPHIE - BACTÉRIOLOGIE

E. COGIT & Cie
36, Bd St-Michel
PARIS

Constructeurs
d'Instruments
et d'Appareils
pour les Sciences

Dépôt pr la FRANCE
DES MICROSCOPES
de E. LEITZ

MODÈLES SPÉCIAUX POUR LA BACTÉRIOLOGIE
Microscope binoculaire

Microtomes MINOT et Microtomes de toutes marques
Produits chimiques et Colorants spéciaux
pour la MICROGRAPHIE et la BACTÉRIOLOGIE

Dépôt des Produits de GRÜBLER & Cie, de Leipzig
Étuves à Culture, Autoclaves, Installations complètes de Laboratoires, Milieux de Culture stérilisés

Nouvel Appareil Microphotographique COGIT

LES ÉTABLISSEMENTS
POULENC FRÈRES
FABRIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4 MILLIONS DE FRANCS
Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple, PARIS
Succursale : 122, Boulevard St-Germain
Fournisseurs de la Faculté des Sciences de Paris, du Muséum d'Histoire naturelle et de l'Institut Pasteur

Appareils pour Bactériologie et Micrographie
Photographie, Microphotographie
Produits purs pour Analyses — Réactifs, Matières colorantes pures. — Verrerie

ATELIERS DE CONSTRUCTION D'APPAREILS
destinés aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie
(Ancienne Maison **SALLERON-DEMICHEL**)

LE MONDE VÉGÉTAL

PAR

GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR A LA SORBONNE

« L'ouvrage que vient de rédiger M. Gaston Bonnier n'est pas, à proprement parler, un livre de Botanique.

Dans *Le Monde Végétal* l'auteur, avant tout, expose les faits qui éclairent la philosophie des sciences naturelles ; il y passe en revue la succession des idées que les savants ont émises sur les végétaux ; il les commente et il les discute.

L'Histoire de la fleur, la constitution des grands groupes, les passages que ceux-ci présentent entre eux, les progrès gradués dans l'Étude des Cryptogames sont les principaux sujets traités dans la première partie de cet ouvrage.

La Notion de l'espèce, la comparaison avec les animaux ; les grandes questions modernes, telles que le Transformisme expérimental, la Création actuelle des espèces par mutation, les changements obtenus dans la forme des êtres par la réalisation artificielle de diverses conditions climatériques, etc., sont traités dans la seconde partie qui se termine par un chapitre sur la génération spontanée.

Avec M. Gaston Bonnier, ces questions si importantes pour la Biologie générale deviennent faciles à saisir jusque dans leur essence la plus délicate.

Un style alerte, des descriptions accompagnées de nombreuses figures et surtout une admirable clarté, sont les caractéristiques de ce livre original et intéressant. »

En vente à la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 1, Rue Dante – PARIS

1 vol. illustré de 230 figures

Prix : 3 fr. 50 (*Franco*, 3 fr. 85).

Librairie Scientifique

Jacques LECHEVALIER

23, RUE RACINE — PARIS

Flore des Serres et Jardins de l'Angleterre, présentant toutes les plantes récemment introduites en Angleterre, et que font successivement connaître les ouvrages périodiques publiés sous les titres de *Botanical Magazine*, *Botanical Register*, *British Flower Garden*, publ. sous la direction de M. Drapiez. Brux. et Paris, 1833-38. 6 vol. fol. av. 232 pl. col. rel. . . . . **300 fr.**

Lecoq, **De la fécondation naturelle et artificielle des végétaux et de l'hybridation**, 1862. 425 p., 106 fig., col. rel. **15 fr.**

Marsilly, **Cat. des plantes vasc. ind. ou cult. en Corse**, 1872, 203 p. . . **15 fr.**

Mas et Pulliat, **Le Vignoble, ou hist., cult. et descript. des Vignes à raisins de table et de cuve, les plus généralement connues.** 1874-79. 3 vol. avec 288 pl. col. . . . . **150 fr.**

Saussure, **T. de Rech. chimiques sur la végétation.** 1804, 327 p. tabl. . **15 fr.**

Lacordaire et Chapuis, **Genera des Coléoptères.** 1854-1876. 12 tomes en 14 part., av. atlas de 134 pl. col. en 14 vol. rel. **200 fr.**

Vient de Paraître :

GASTON BONNIER

Professeur de Botanique à la Sorbonne

Membre de l'Institut

ALBUM

DE LA

NOUVELLE FLORE

REPRÉSENTANT

Toutes les espèces de Plantes

photographiées directement d'après nature

au cinquième de leur grandeur naturelle

Un Volume de Poche avec 2.028 Photographies

Prix : Broché . . . **4 fr. 75**
Relié . . . . **5 fr. 25**

Chez tous les Libraires, et à la Librairie Générale de l'Enseignement

1, rue Dante, PARIS (V^e^)

Prix : *franco*, broché . . **5 fr. 20**
franco, relié . . **5 fr. 75**

Les Fils d'Émile DEYROLLE, Naturalistes
PARIS · 46, rue du Bac, 46 · PARIS
TÉLÉPHONE 729-27
Usine à Vapeur : 9, rue Chanez, PARIS-AUTEUIL

Sciences Naturelles

ZOOLOGIE — BOTANIQUE — GÉOLOGIE — MINÉRALOGIE
TECHNOLOGIE

Instruments pour la Recherche des objets d'Histoire naturelle et leur classement en collection

BOCAUX - BOITES A BOTANIQUE - CARTONS A HERBIER - CUVES
DÉPLANTOIRS - LOUPES - PAPIER BOTANIQUE

Pièces d'Anatomie végétale, d'Anatomie humaine et comparée

Cabinets et Collections d'Histoire naturelle

Collections générales et spéciales — Physiologie - Technologie

Micrographie — Projection
Appareils — Préparations microscopiques
Microphotographies sur verre pour projections

CATALOGUES EN DISTRIBUTION

Les Catalogues concernant les Spécialités suivantes sont adressés **Gratis et Franco**

Cabinets de Physique, de Chimie et Instruments de précision.

Projections pour l'enseignement, lanternes de projections, etc.

Enseignement technique, Collections et **Matériel.**

Pièces d'anatomie humaine comparée et **botanique** en staff et cire.

Mammifères, Oiseaux, Reptiles et **Poissons,** prix à la pièce.

Squelettes montés, prix à la pièce.

Insectes européens et **exotiques,** prix à la pièce.

Coquilles, prix à la pièce.

Animaux invertébrés en alcool, prix à la pièce.

Fossiles et **Minéraux,** prix à la pièce.

Cabinets et **Collections d'histoire naturelle** pour les enseignements primaire, secondaire et supérieur.

Livres d'histoire naturelle.

Instruments pour l'étude des sciences naturelles.

Microscopes, Microtomes.

Préparations microscopiques, instruments pour la **Micrographie**

Meubles pour le rangement des collections.

Tableaux d'histoire naturelle, collés sur toile avec bâton haut et bas, mesurant $1^m40 \times 0^m90$, destinés à l'enseignement secondaire et supérieur.

Mobilier et Matériel d'enseignement pour les écoles enfantines, primaires, lycées, collèges, facultés, etc.

Musée scolaire pour leçons de choses.

E. LEITZ, WETZLAR

MICROSCOPES

Pour travaux scientifiques et techniques

APPAREILS MICROPHOTOGRAPHIQUES

MICROTOMES

Appareils de Projection

OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES

Catalogues spéciaux

Envoi sur demande gratis et franco

Dépositaires à Paris

MM. E. COGIT & C°, 36, boulevard St-Michel

Succursales :

BERLIN N. W.
Luisenstr. 45

LONDRES
9-15, Oxford Str.

NEW-YORK
30, East 18th. Str.

FRANCFORT-s.-M.
Kaiserstr. 64

SAINT-PÉTERSBOURG
Woskressenski, 11

CHICAGO
32-38, Clark Street

E. LEITZ WETZLAR

Microscope C, avec nouvelle vis micrométrique sans fin très délicate (1/1000 mm.)

SOCIÉTÉ

LUMIÈRE & SES FILS

LYON-MONPLAISIR

FABRIQUE DE

PLAQUES — PELLICULES — PAPIERS
PRODUITS PHOTOGRAPHIQUES

PHOTOGRAPHIE directe des COULEURS

PAR LES

"PLAQUES AUTOCHROMES"

(Procédé Auguste et Louis LUMIÈRE, breveté dans tous les Pays)

EN VENTE PARTOUT

Lille. — Imprimerie LE BIGOT Frères, 25, rue Nicolas-Leblanc

SUR LA COMPARAISON
DES MUSCINÉES ET DES CRYPTOGAMES VASCULAIRES

Par M. Gaston BONNIER

Une erreur singulière s'est longtemps produite lorsqu'on a comparé la tige feuillée des Mousses à la tige feuillée des Cryptogames vasculaires. Certains auteurs ont tenté de chercher dans les tissus de la tige ou de la feuille des Mousses, les éléments similaires de ceux qu'on observe chez les Cryptogames vasculaires. On a comparé les épidermes, voire même les écorces et les cylindres centraux dans les deux cas ; on a essayé d'assimiler les cellules allongées, plus ou moins conductrices, des Polytrichées ou d'autres Mousses différenciées aux éléments du bois et du liber chez les plantes vasculaires. On a comparé le mécanisme de l'initiale terminale dans les deux cas.

D'autres auteurs encore ont vu dans la tige feuillée des Muscinées, dont la première ébauche serait la tige feuillée des Characées, le début de différenciation en tige et feuilles des plantes supérieures, indiquant le passage vers les plantes vasculaires par les *Tmesipteris* et les *Psilotum*.

Or, on sait depuis les travaux de Hofmeister (en 1849) qu'il est *a priori* tout-à-fait impossible de tenter aucune comparaison de ce genre. Et cela par la simple raison que la tige feuillée des Muscinées et la tige feuillée des plantes vasculaires appartiennent aux deux tronçons différents du développement du végétal. La première est issue de la spore et fait partie du gamétophyte ; la seconde est issue de l'œuf et fait partie du sporophyte.

Les Polytrichées, et en général les Mousses les plus différenciées, se trouvent donc représenter le maximum de complication du gamétophyte dans le règne végétal. Elles sont placées comme au sommet d'une file de végétaux dont certaines Hépatiques à thalle, l'*Anthoceros* par exemple, seraient à la base, et établiraient par cette base un passage vers le prothalle des Fougères, et en général des Cryptogames vasculaires.

D'ailleurs, si l'on considère, sans même tenir compte de l'origine, le fonctionnement de la cellule initiale d'une tige de Mousse et celui de la cellule initiale d'une tige de Fougère, on peut reconnaître entre les deux cas des différences absolues.

Les recloisonnements des cellules détachées successivement de la cellule initiale de la tige des Mousses ne présentent pas de différenciation précoce dans leur orientation. Chaque segment foliaire reste longtemps très homogène ; dans les segments foliaires de la tige des Fougères, il se produit, au contraire, une différence qui s'établit rapidement entre le cylindre central et l'écorce. De plus, lorsque le segment foliaire produit une branche, dans la tige feuillée des Mousses, la cellule initiale de la branche est placée, en général, au-dessous de la feuille et non au-dessus. En revanche, le fonctionnement de la cellule initiale d'un sporogone est presque identique à celui d'une tige de Fougère. D'autre part, c'est à la cellule initiale du thalle des Hépatiques inférieures et du prothalle des Fougères au début de leur développement tout au moins, qu'on est naturellement amené à comparer l'initiale de la tige des Mousses. Pour toutes ces raisons, il n'y a aucune assimilation possible entre la tige feuillée des Mousses et celle des plantes vasculaires; si l'on voulait être tout-à-fait logique, il faudrait même imaginer des termes spéciaux pour désigner chez les Muscinées ce qu'on appelle tige, feuille, écorce, cylindre central, épiderme, bois, liber, etc.

Quant à chercher dans les Characées, la première ébauche de la tige feuillée des Muscinées, c'est tenter encore d'établir une fausse comparaison. Étant issue de l'œuf, et non de la spore, la tige feuillée des Characées ne peut être rapprochée de celle des Mousses pas plus d'ailleurs que le proembryon filamenteux dont elle est issue et qu'on a parfois dénommé par erreur filament protonémique. Encore une fois, étant issu de l'œuf ce filament ne peut être un protonéma.

Dans un autre ordre d'idées, les Muscinées supérieures diffèrent de tous les autres végétaux par l'origine profonde des cellules qui produisent les spores. Les cellules-mères des spores sont en effet d'origine superficielle ou presque superficielle chez les Phanérogames, les Cryptogames vasculaires et les Thallophytes.

A ces divers points de vue, il me paraît nécessaire d'insister sur la place toute spéciale qu'occupent les Muscinées dans le règne végétal.

Ce n'est pas une raison pour ne pas chercher par quels intermédiaires les Muscinées peuvent être rattachées soit aux Cryptogames vasculaires, soit aux Thallophytes. Je résumerai, dans ce court article, la première de ces comparaisons.

La plante feuillée d'une Fougère est tellement plus développée que le prothalle de cette même Fougère qu'il semble que, chez la Fougère, le sporophyte constitue presque tout le végétal, tandis que le prothalle n'en paraît qu'une infime partie embryonnaire et fugace. Au contraire, la plante feuillée d'un *Hypnum* est tellement plus développée que le sporogone de cette même Mousse, qu'il semble que, chez la Mousse, le gamétophyte constitue presque toute la plante, tandis que le sporophyte ne se montre que comme une petite partie sans aucune importance végétative, presque réduite à un sporange.

En généralisant cette comparaison, on a pu dire que la plante feuillée est issue de l'œuf chez les Cryptogames vasculaires tandis qu'elle provient de la spore chez les Muscinées.

Il y a cependant un certain nombre d'espèces parmi les Mousses, et un plus grand nombre d'autres parmi les Hépathiques à thalle, chez lesquelles ce renversement dans l'intensité du développement des deux tronçons successifs du végétal, par rapport aux Cryptogames vasculaires, est loin d'être aussi marqué.

C'est ainsi, comme on sait, que le *Buxbaumia* présente un gamétophyte microscopique réduit d'une part à des filaments protonémiques portant çà et là une anthéridie et d'autre part, chez les pieds femelles, à des filaments protonémiques portant une tige extrêmement minime et courte avec quelques écailles minuscules sans chlorophylle, entourant un archégone. Le sporophyte du *Buxbaumia* est relativement beaucoup plus grand et se compose d'une partie s'enfonçant dans la petite tige feuillée, d'un pied à structure assez différenciée, et d'une capsule à tissus variés et complexes. Chez cette Mousse, et chez d'autres espèces encore, le gamétophyte est donc *moins développé* que le sporophyte.

Les Hépatiques à thalle, et plus spécialement les Anthocérotées, ont un gamétophyte réduit à un thalle non différencié, tandis que le sporogone d'*Anthoceros*, de taille presque aussi grande que le thalle de la même plante, a une organisation relativement plus compliquée.

Nous allons examiner les homologies et les différences que l'on peut établir entre les Muscinées et les Cryptogames vasculaires.

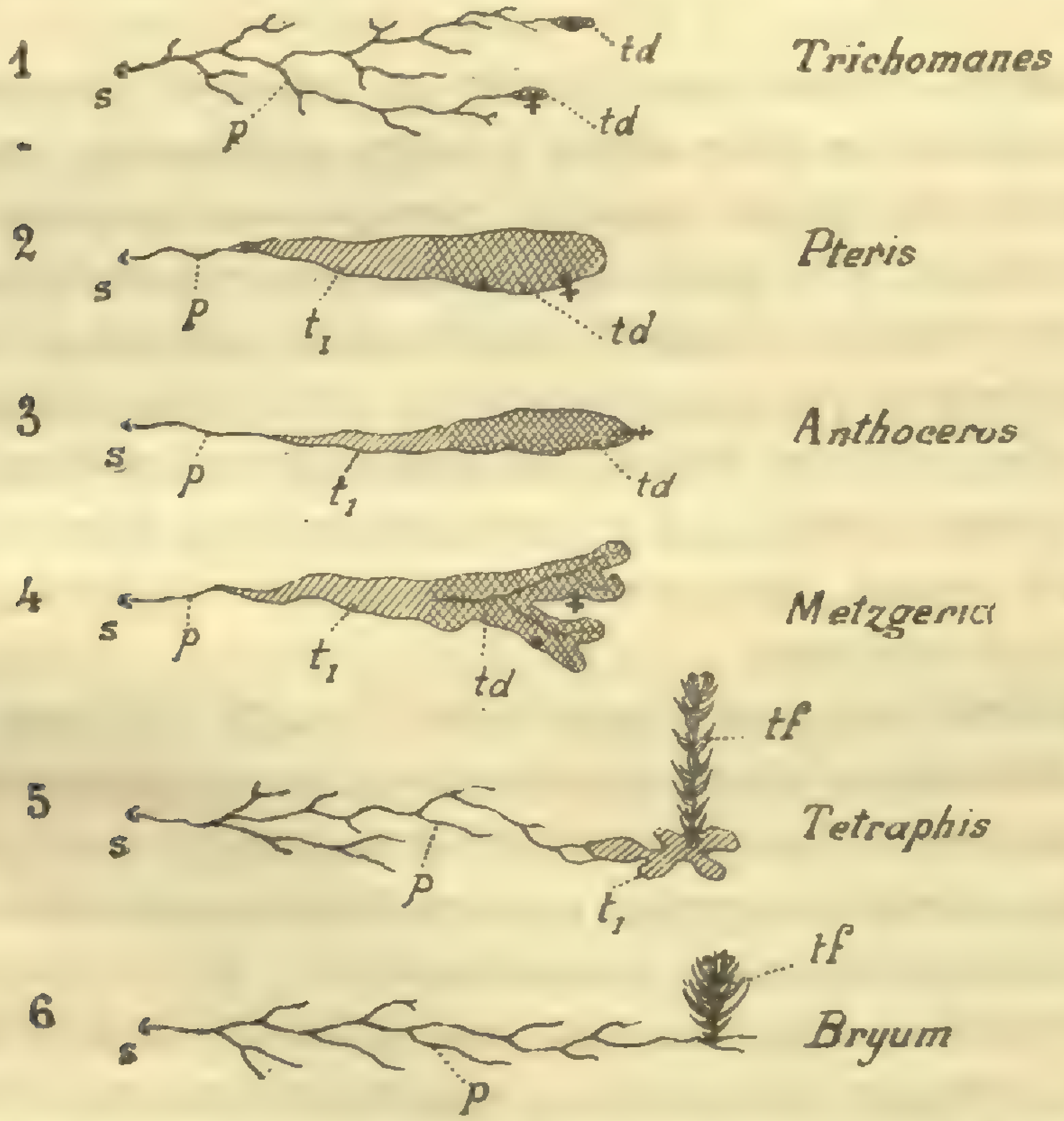


Fig. 1 à 6. — Figures schématiques représentant la comparaison de divers gamétophytes : *s*, point où a germé la spore; *p*, protonéma; *t*, première partie du thalle; *td*, partie différenciée du thalle; *tf*, tige feuillée; les anthéridies sont indiquées par de petits cercles noirs, les archégones par des croix.

1° *Comparaison du gamétophyte chez les Muscinées et les Cryptogames vasculaires.* — Il existe dans beaucoup de cas, de nombreuses ressemblances entre le tronçon du végétal issu de la spore, ou gamétophyte, chez les Muscinées et chez les Cryptogames vasculaires.

La phase protonémique, généralement assez réduite chez les Cryptogames vasculaires et chez les Hépatiques, est très développée dans certains cas (*Trichomanes* parmi les Fougères, la plupart des Mousses; *p*, en 1, 5 et 6, fig. 1)

A cette phase initiale du développement issu de la spore succède souvent une forme de thalle s'accroissant au sommet par une cellule en forme de coin et non plus par une cellule terminale à cloison transversale comme dans les protonémas. Tels sont les jeunes prothalles de Fougères, le prothalle qu'on observe chez certaines Mousses (*Tetraphis*, *Sphagnum*), la première partie du développement du thalle chez les Hépatiques à thalle ou encore le petit prothalle de certaines Hépatiques feuillées (*Lejeunia*, etc.). (Exemples : *td*, en 2, 3, 4 et 5 fig. 1).

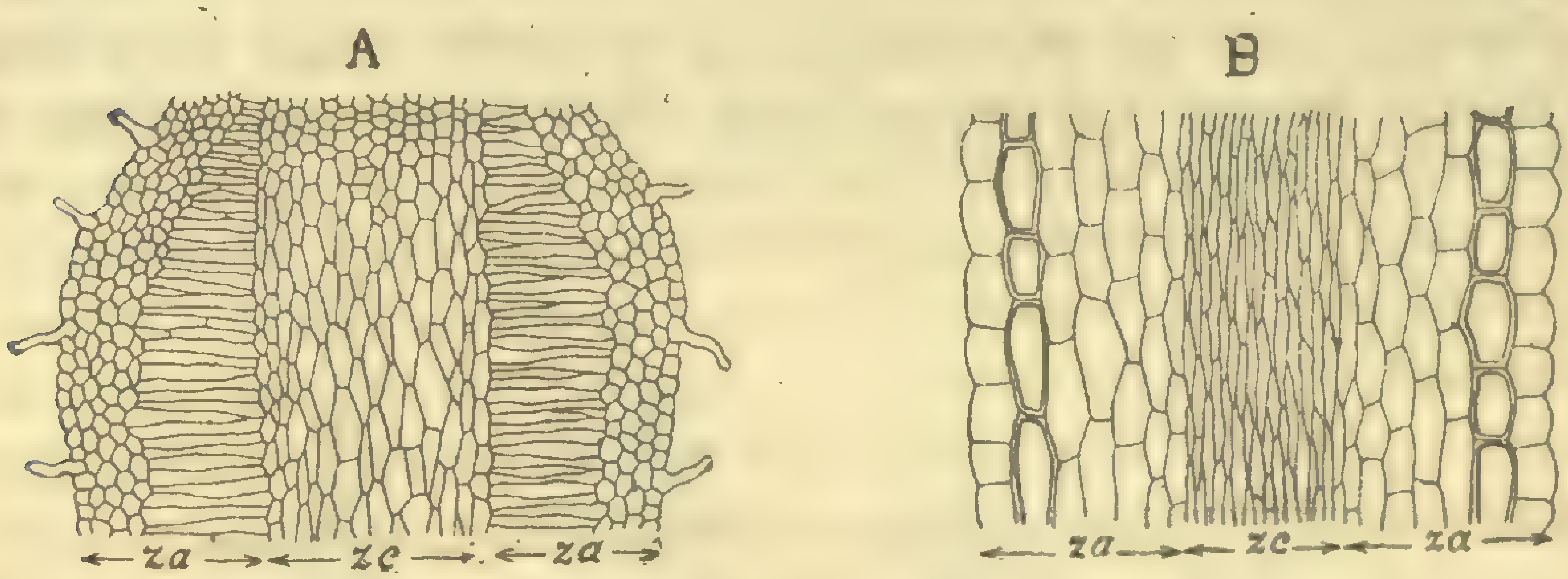


Fig. 7 et 8. — Comparaison de deux coupes longitudinales dans une partie différenciée de deux gamétophytes : A, dans un prothalle de *Lycopodium complanatum* ; B, dans une tige feuillée d'*Atrichum* : *za*, zone annulaire ; *zc*, zone centrale.

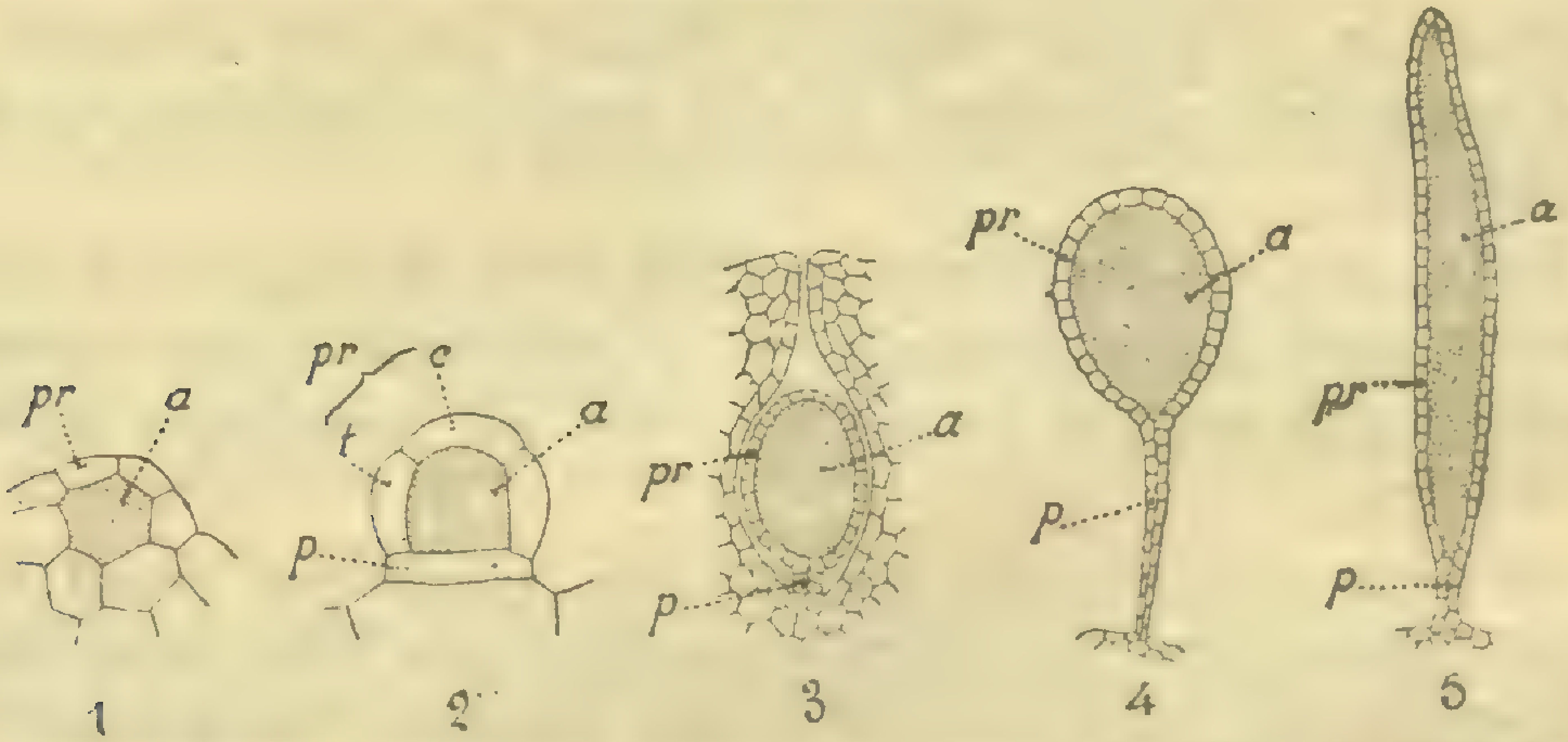


Fig. 9 à 13. — Comparaison schématique de diverses anthéridies, de plus en plus différenciées : 1, *Equisetum* ; 2, *Aneimia* (Fougère) ; 3, *Marchantia* : 4, *Sphagnum* ; 5, *Polytrichum* : *pr*, paroi de l'anthéridie ; *a*, cellules-mères des anthérozoïdes ; *p*, pied de l'anthéridie.

La partie du gamétophyte qui porte les anthéridies et les archégones, est en général celle qui se forme à la fin du développement de ce tronçon du végétal, (*td*, *tf*, en 1, 2, 3, 4, 5, 6, fig. 1).

Dans le prothalle des Fougères ou le thalle des Anthocérotées, le tissu végétatif est peu différencié, mais il n'en est pas de même, on le sait, chez les Marchantiées où le thalle prend alors une structure interne compliquée, peut même porter des écailles à chlorophylle, et se différencier en organes spéciaux formés d'un pied supportant un chapeau, lequel porte les anthéridies ou les archégones.

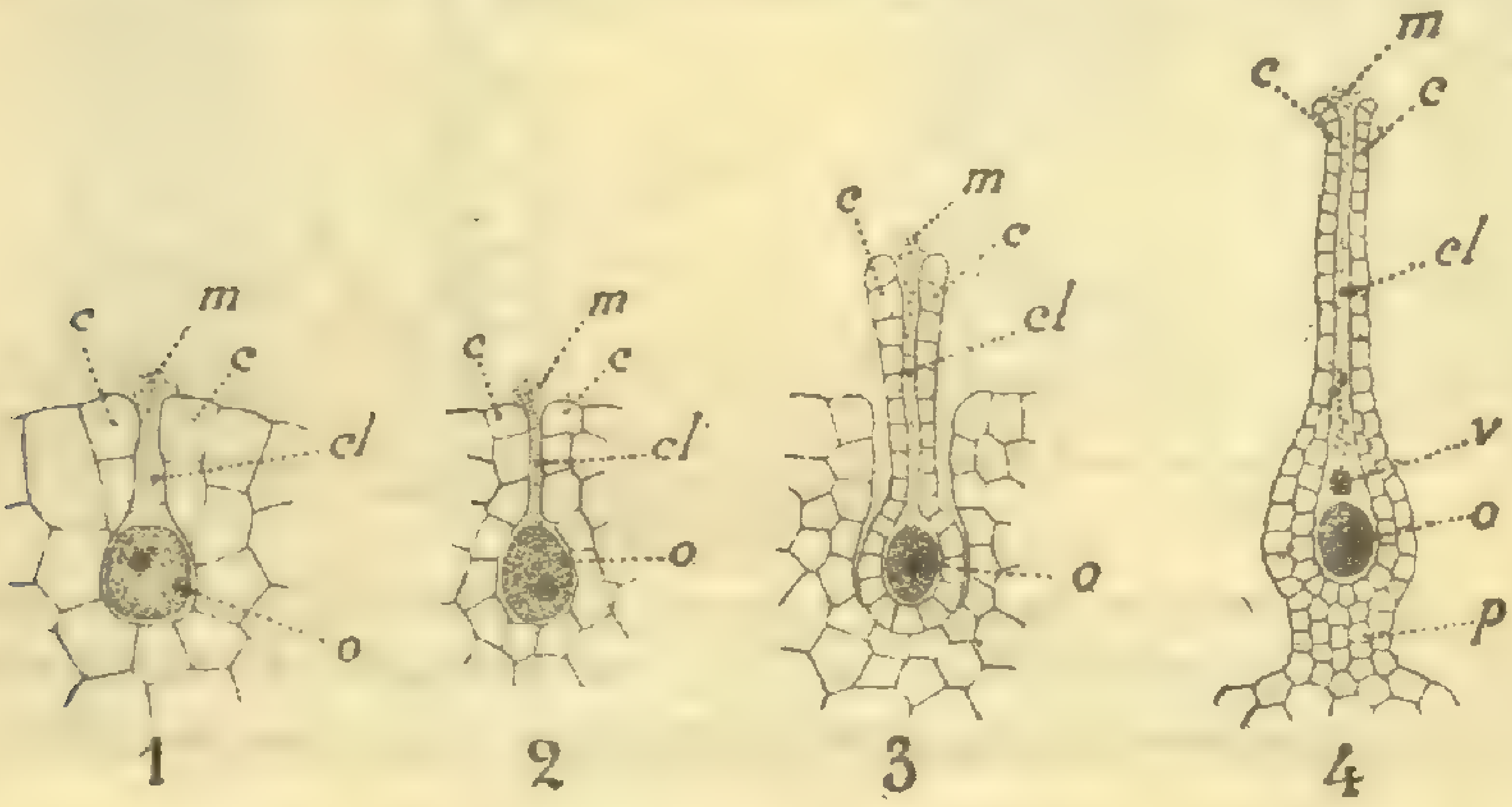


Fig. 14 à 17. — Comparaison schématique de divers archégones, de plus en plus différenciés : 1, *Salvinia*; 2, *Anthoceros*; 3, *Riccia*; 4, *Atrichum*,— *o*, oosphère; *cl*, mucilage du canal qui provient d'une seule cellule du canal en 1, de trois à quatre cellules en 2, d'un plus grand nombre en 3 et 4; *v*, mucilage provenant d'une cellule-sœur de l'oosphère; *m*, partie externe du mucilage; *cc*, col de l'archégone; *p*, pied de l'archégone.

Enfin, chez les Hépatiques feuillées et les Mousses, c'est cette dernière partie du gamétophyte qui se développe en tige feuillée portant à son sommet ou sur les côtés les archégones ou les anthéridies.

Quand le prothalle des Cryptogames vasculaires prend une forme cylindrique, sa structure interne peut être facilement comparée à celle d'une tige d'Hépatique feuillée ou de Mousse. Si l'on met en regard une coupe longitudinale d'un prothalle de *Lycopodium complanatum* (A, fig. 7) et un fragment de coupe longitudinale de tige de Mousse (B, fig. 7), on voit dans les deux cas des tissus différenciés qui doivent être comparés entre eux : assise extérieure constituant une sorte d'épiderme, zone annulaire *za* et zone centrale *zc*. Cet exemple fait bien comprendre que c'est aux tissus des prothalles des Cryptogames vasculaires (et non de leurs tiges feuillées) que doivent être comparés les tissus des tiges feuillées des Mousses.

Quant aux anthéridies et aux archégones, ces organes sont d'autant plus autonomes et différenciés qu'on les observe dans des Muscinées dont le gamétophyte est de plus en plus évolué, comme le montrent les figures 9 à 13 et 14 à 17. Le maximum de développement de l'archégone est atteint chez les Bryacées, chez l'*Atrichum* par exemple, où son développement est bien plus complexe que dans les Cryptogames vasculaires, et où il présente à l'état adulte, un long col tordu sur lui-même, une partie ventrale à plusieurs épaisseurs de cellules, un pied formé d'un tissu spécial ; à l'intérieur, se trouve un mucilage issu de nombreuses cellules du canal et une cellule intermédiaire entre ce mucilage et l'oosphère.

2° *Comparaison du sporophyte chez les Muscinées et les Cryptogames vasculaires.* — Le sporophyte, issu de l'œuf chez les Muscinées comme chez les Cryptogames vasculaires, diffère beaucoup par sa forme extérieure chez ces deux embranchements du règne végétal. Le sporophyte est en général différencié en tige, feuille et racine chez les Cryptogames vasculaires et n'a ni feuille ni racine à proprement parler chez les Muscinées.

Toutefois, nous avons vu que certaines Cryptogames vasculaires n'ont pas de racines, comme les *Tmesipteris*, les *Psilotum* : et dans ce dernier genre, les feuilles sont très réduites. D'autre part, certains sporogones de Mousses sont ramifiés, comme l'a signalé M. Gayet, et jusqu'à un certain point la partie du sporogone qui s'enfonce dans le gamétophyte peut être comparée à une racine.

Une différence assez importante entre les gamétophytes dans ces deux embranchements du règne végétal est la suivante. Le gamétophyte des Cryptogames vasculaires n'est greffé sur le prothalle ou sporophyte que pendant son jeune âge ; il s'affranchit assez promptement du prothalle, lequel se détruit rapidement. Au contraire, le sporogone ou sporophyte des Muscinées reste pendant toute son existence adhérent au gamétophyte persistant.

Le développement des différents tissus du sporogone des Mousses est, nous l'avons dit, identique à celui des divers tissus au sommet d'une tige de Fougère.

Quant au sporogone, il est constitué chez les Muscinées supérieures d'une façon toute autre que chez les Cryptogames vasculaires et même que chez les Phanérogames (sac pollinique ou nucelle). Tous les tissus du sporophyte, y compris les plus profonds, concourent à la formation du sporange des Mousses, tandis que le sporange des Cryptogames vasculaires, le sac pollinique ou le nucelle des Phanérogames prennent naissance dans les tissus épidermiques ou sous-épidermiques seulement, parfois dans une seule cellule épidermique comme chez les Fougères. Chez les Mousses, les cellules mères des spores sont formées dans le péricycle du cylindre central ; chez les Phanérogames ou les Cryptogames vasculaires, les cellules-mères des spores, du pollen ou du sac embryonnaire dépendent toujours des tissus les plus extérieurs.

Cependant, la production du sporange peut être considérée comme plus simple chez certaines Muscinées. Dans beaucoup d'Hépatiques, ce sont seulement les tissus externes de l'extrémité du sporogone qui produisent les cellules mères des spores ; le plus souvent, une seule assise de cellules située au-dessous de l'épiderme dédoublé ou même non dédoublé (*Targionia)* est l'origine des cellules-mères des spores. Le sporange est alors comparable dans son développement à celui des *Lycopodium*.

Parmi les Mousses, le tissu sporogène se réduit parfois même à une seule cellule-mère fertile donnant quatre spores (certains *Archidium*) : on pourrait alors être tenté de comparer un semblable sporange à un macrosporange d'une Sélaginelle.

Le sporange des Ricciées, où les cellules-mères des spores ont une origine sous-épidermique, a un développement analogue à celui d'un sporange d'*Equisetum* ou à celui d'une anthère.

3° *Comparaison de la multiplication chez les Muscinées et les Cryptogames vasculaires.* — Il est intéressant de signaler l'analogie qui existe entre les propagules des Mousses (fig. 18), notamment celles qui prennent naissance sur le protonéma ou sur le thalle, et les propagules qu'on trouve chez certaines espèces de Fougères exotiques appartenant aux genres *Hymenophyllum*, *Trichomanes* (fig. 19) ou encore chez certaines Lycopodiacées (*Lycopodium Phlegmaria*, par exemple).

Dans les deux cas, les propagules se forment de la même manière et ont un rôle identique : multiplier le gamétophyte.

Dans les deux cas, on peut trouver des propagules unicellulaires, comparables à des spores, mais qui sont alors des spores spéciales produites par le gamétophyte et non comparables aux spores ordinaires qui sont formées sur le sporophyte par une division cellulaire toute différente.

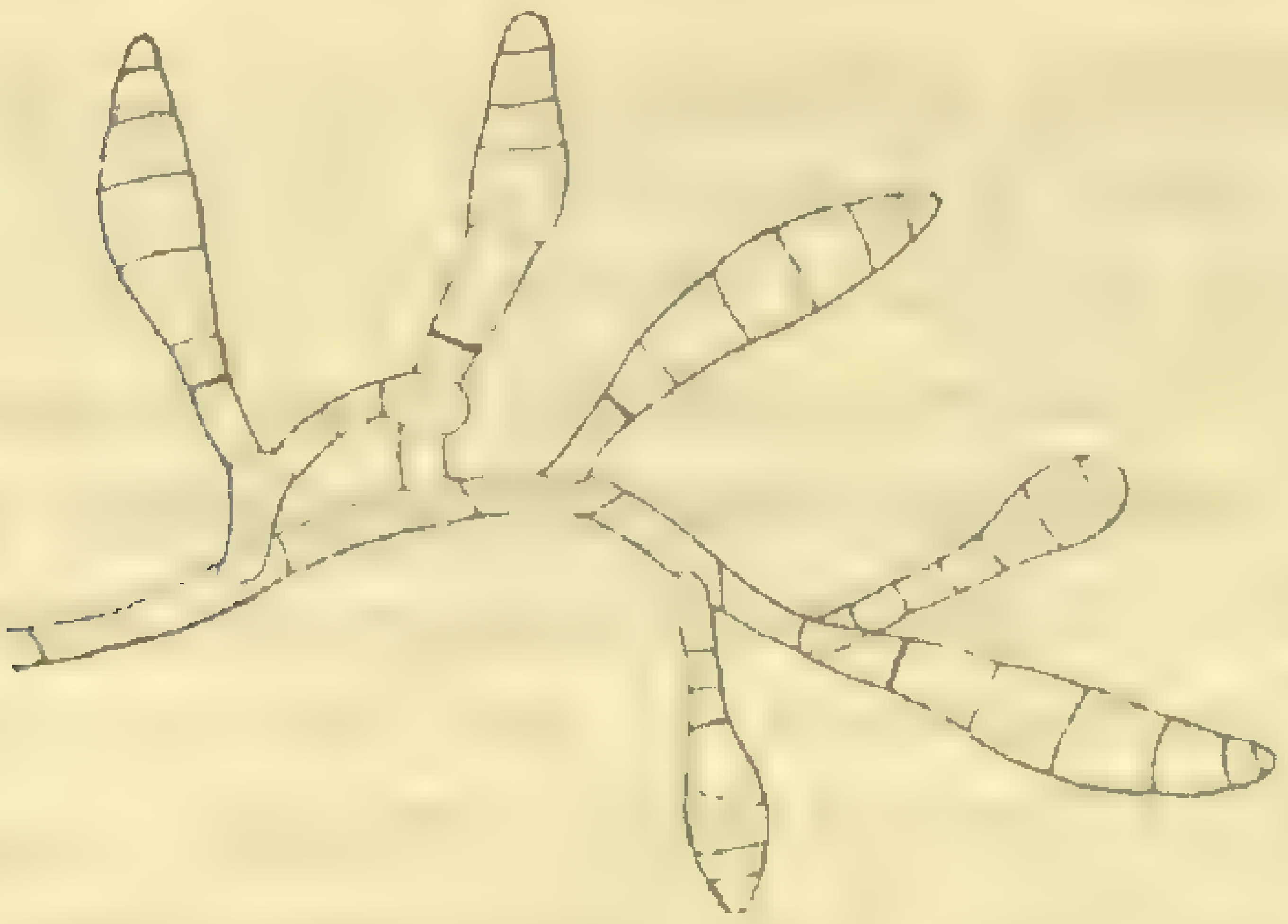


Fig. 18. — Propagules pluricellulaires se formant sur les courts rameaux des filaments protonémiques d'une (*Tayloria serrata*) [d'après Correns].

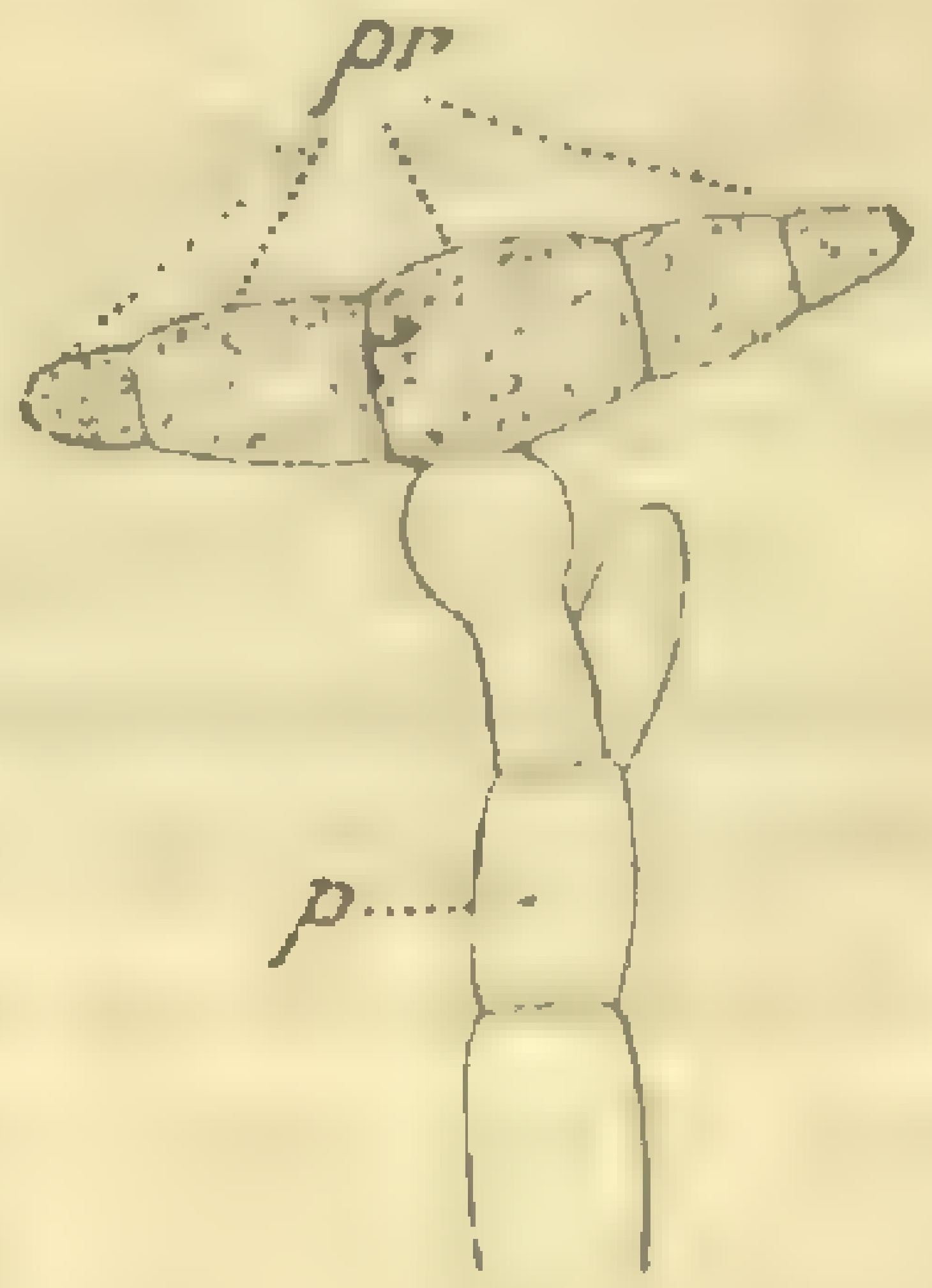


Fig. 19. — Propagule pluricellulaire *pr* sur le prothalle filamenteux de *Trichomanes venosum* [d'après Gœbel].

En somme, malgré les comparaisons qui viennent d'être établies, malgré les homologies entre les Muscinées et les Cryptogames vasculaires, on voit que les Muscinées présentent de grandes différences avec les autres végétaux; elles diffèrent même beaucoup des Floridées auxquelles on les compare souvent. Si l'*Anthoceros* ressemble par son gamétophyte aux Cryptogames vasculaires, il faut reconnaître qu'il en diffère profondément par son sporophyte. Si une Floridée, avec protonéma sporogone et thalle, a un développement général très comparable à celui d'une Mousse, elle en diffère profondément par l'origine des cellules-mères des spores, par l'archégone et par l'anthéridie.

Il en résulte que les Muscinées constituent un groupe très spécial du règne végétal.

NOTICE BIOGRAPHIQUE SUR P. LACHMANN

J.-Paul Lachmann naquit à Brumath (Bas-Rhin) en 1851. Il prit part à la défense de Strasbourg, puis, à l'annexion, vint avec ses parents se fixer à Saint-Étienne. Il se destina d'abord à la pharmacie, mais, attiré par la botanique, il laissa inachevées les études commencées à l'École de Pharmacie de Paris ; après une courte suppléance à la Faculté de Médecine de Lyon, il fut nommé préparateur à la Faculté des Sciences de la même ville. Vite distingué, il fut bientôt après chargé d'un cours complémentaire et fut en outre attaché comme aide-naturaliste au Parc de la Tête-d'Or. Les belles collections de Fougères exotiques, cultivées dans cet établissement, devinrent l'objet de ses études favorites ; il publia sur l'anatomie des organes souterrains des Fougères toute une série de remarquables travaux. Sa thèse de doctorat : *Contributions à l'histoire naturelle de la racine des Fougères* (1889), très consciencieuse et pleine de faits, fut justement appréciée. La partie la plus originale de ce travail était l'étude des squelettes libéro-ligneux de la tige obtenus par une minutieuse dissection ; les collections de la Faculté de Grenoble renferment un grand nombre de ces préparations, dont certaines sont de véritables chefs-d'œuvre de patience et d'habileté. Par ce procédé, contrôlé d'ailleurs par les coupes en série, il avait élucidé une foule de points relatifs à l'origine des racines et à leur insertion.

Appelé en 1892 à la chaire de botanique de la Faculté des Sciences de Grenoble, où il remplaçait M. Musset, il s'y adonna à la biologie des plantes alpines. Il a, en faisant appel à tous les concours, fondé dans les Alpes du Dauphiné les jardins alpins de Chamrousse et du Lautaret. Le jardin du Lautaret surtout fut son œuvre personnelle et l'occupa avec passion : il espérait en août prochain, à l'occasion d'un Congrès, pouvoir montrer ce qu'il y a réalisé. Ces nouvelles études ne lui avaient cependant point fait abandonner complètement son sujet de prédilection : quelques mois avant sa mort, il avait achevé le Mémoire sur le *Ceratopteris*, que l'on va lire plus loin.

Longtemps conseiller municipal et adjoint au maire de Grenoble, il aurait pu jouer un rôle politique plus important si ses occupations et sa santé le lui avaient permis. Mais, depuis une dizaine d'années, il était miné par une douloureuse maladie qui a eu, à la longue, raison de sa robuste constitution. Ce savant, très droit, affectueux et modeste, s'est éteint ne laissant que des regrets ; il est mort à Grenoble le 24 octobre 1907.

L. Vidal.

ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT
DES RACINES ET DES RADICELLES
DU
CERATOPTERIS THALICTROIDES

par P. LACHMANN

L'origine et le développement des racines latérales et des radicelles des Fougères ont été étudiés avec beaucoup de soin par Van Tieghem et Douliot, en 1888 (1). Ces auteurs ont discuté les observations antérieures de Nægeli et Leitgeb (2), celles de Kny (3) et les miennes (4), et les ont complétées ou rectifiées sur plusieurs points. Cependant les résultats de leur beau travail n'ont pas été généralement admis par les botanistes étrangers qui se sont occupés plus récemment du même sujet dans des recherches originales ou dans des traités didactiques.

Ce désaccord m'a engagé à reprendre l'étude de ces questions chez le *Ceratopteris*, où elle est facilitée par l'organisation de la plante, par son évolution rapide et par l'absence presque complète de tissus sclérifiés.

Le *Ceratopteris* est, en effet, une fougère aquatique, herbacée, annuelle qui se reproduit facilement par le semis des spores et se multiplie abondamment par les bourgeons adventifs formés sur le limbe des feuilles. C'est là un avantage notable quand il s'agit, comme dans le cas présent, de recherches longues et difficiles qui exigent la dissection d'une grande quantité de matériaux. Ceux que j'ai utilisés proviennent de la serre à *Victoria regia* du Jardin botanique de Lyon. Leur étude a été faite par la méthode des coupes sériées obtenues après inclusion des objets dans de la paraffine. Les coupes, fixées sur porte-objets, ont été éclaircies par l'eau de Javelle, puis colorées et montées dans le baume du Canada. Le brun Bismarck et l'encre ordinaire à base de fer m'ont donné les colorations les plus puissantes et les plus stables.

---

(1) Van Tieghem et Douliot : *Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires* (Ann. d. Sc. natur., 7e série, t. VII et VIII, 1888).

(2) Nægeli und Leitgeb : *Entstehung und Wachsthum der Wurzeln* (Beitræge z. wissensch. Botanik von C. Nægeli, 1867).

(3) Kny : *Die Entwickelung der Parkeriaceen dargestellt an Ceratopteris thalictroides* (Nova acta Leopold. Carolin. Acad. vol. XXXVII, 1875).

(4) Lachmann : *Sur l'origine des racines latérales des Fougères* (Comptes rendus Acad. d. Sciences, t. CV, Paris, 1887). — *Structure et croissance de la racine des Fougères. Origine des radicelles* (Bullet. Soc. botan. de Lyon, 1887).

Le procédé suivant que j'ai aussi employé fréquemment offre l'avantage de supprimer plusieurs lavages à l'eau et à l'alcool, qui peuvent décoller les coupes. Des sommets végétatifs entiers, éclaircis par un séjour assez prolongé dans l'eau de Javelle étendue, sont ensuite soigneusement lavés à l'eau distillée et plongés pendant quelques heures dans du carmin aluné, puis déshydratés et inclus dans la paraffine. Après fixation des coupes sur porte-objets, il suffit de les débarrasser de la paraffine à l'aide d'un liquide approprié et de monter directement au baume du Canada.

Enfin des séries non traitées par l'eau de Javelle, et présentant, par suite, les contenus cellulaires intacts, ont permis de suivre pas à pas, et souvent mieux que les coupes éclaircies, la formation et la différenciation du méristème terminal de la racine.

L'emploi de ces méthodes et l'abondance des matériaux étudiés m'ont donné des résultats plus détaillés et plus précis que ceux qui sont consignés dans les travaux antérieurs sur le même sujet.

Plus de quatre-vingts dessins exécutés à la chambre claire représentent tous les stades de l'évolution de la racine et des radicelles. Nous n'en reproduisons qu'une partie dans ce mémoire. En marquant la limite des segments et des régions qui en dérivent par des traits plus forts, nous avons simplement accentué tant soit peu ce qui existe réellement.

Le présent mémoire comprend les trois parties suivantes :

I. Origine des racines.
II. Développement de la racine.
III. Origine et développement des radicelles.

I. — Origine des racines.

L'origine des racines latérales des Fougères a été indiquée par Kny, dans le *Ceratopteris*, en 1875 (l. c. p. 48). Elle a été étudiée sommairement par nous dans plusieurs Polypodiacées, en 1887 (l. c. p. 135), et enfin décrite avec détail par Van Tieghem et Douliot, dans une douzaine d'espèces, en 1888 (l. c. p. 529-542).

On sait que les dix ou douze premières racines de la jeune plantule de *Ceratopteris* émanent de la tige, tandis que les suivantes procèdent des feuilles et occupent la région basilaire du pétiole (1).

Dans les sujets adultes et vigoureux le pétiole des feuilles sporangifères se détache horizontalement de la tige et se relève ensuite à peu près verticalement par un coude qui porte de nombreuses racines surtout du côté dorsal. Rétréci à son insertion, il peut atteindre un diamètre de un à trois centimètres dans la région radicifère, à quatre ou cinq centimètres de sa base (fig. 1). Une coupe transversale, suivant *x y* près de l'inser-

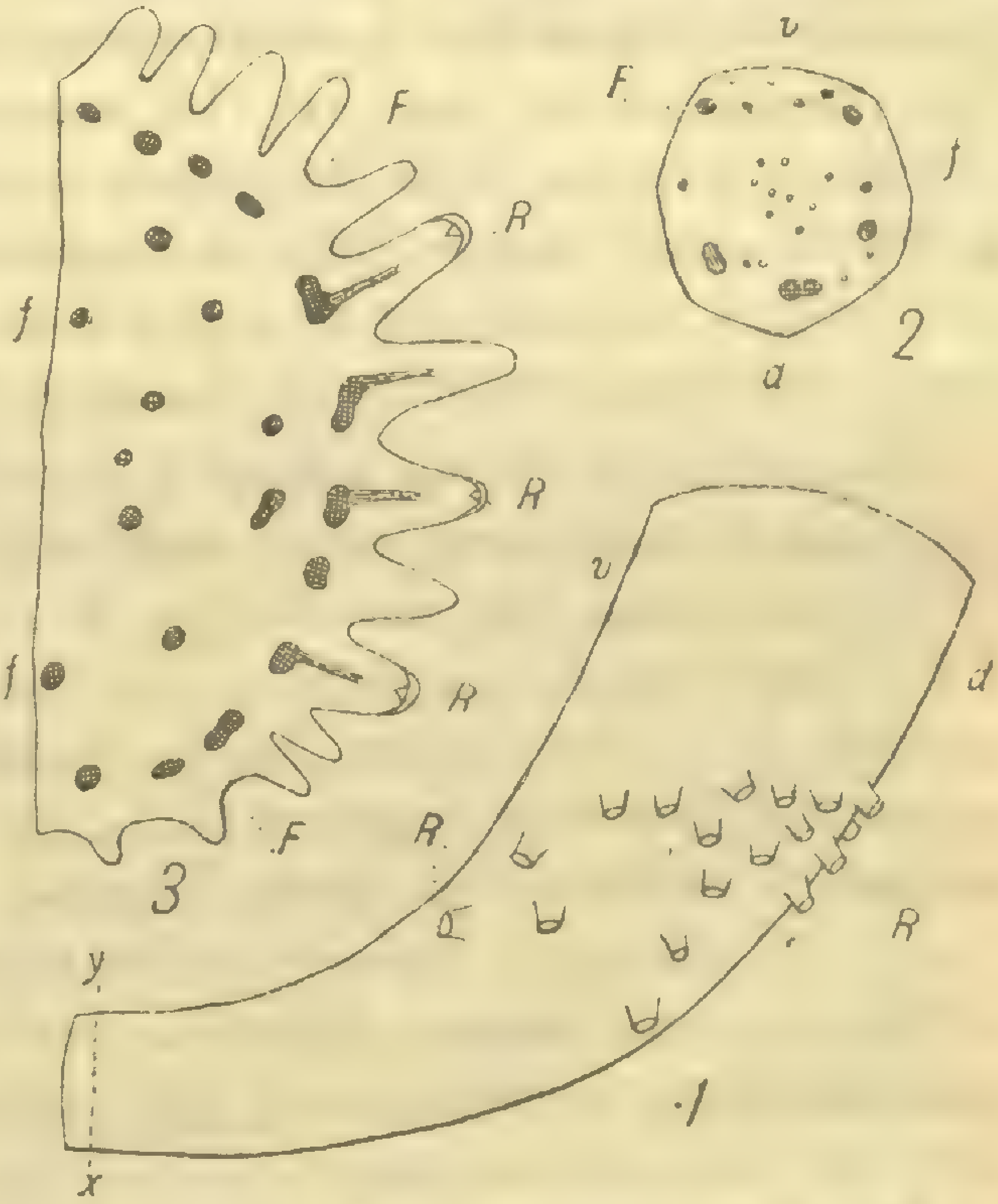


Fig. 1. — Partie inférieure du pétiole d'une feuille sporangifère adulte. *v*, côté ventral ; *d*, côté dorsal ; *R*, racines. Gr. nat.

Fig. 2. — Coupe transversale du même pétiole suivant *xy*, près de son insertion. Gr. 2 fois.

Fig. 3. — Coupe transversale dans la région radicifère d'une feuille jeune. *R*, racines jeunes ; *F*, stèles pétiolaires périphériques ; *f*, stèles internes. Gr. 5 fois.

---

(1) Kny, l. c. p. 47. — Lachmann, *Contributions à l'histoire naturelle de la racine des Fougères*. Bullet. Soc. bot. de Lyon, 1889, p. 120).

tion montre de vingt à trente stèles dans un parenchyme à petites lacunes (fig. 2, *F. f.*). Une coupe dans la région radicifère en présente de trente à quarante qui, pour la plupart, occupent la périphérie de l'organe et y sont anastomosées en réseau, tandis que plus bas et plus haut elles cheminent à peu près parallèlement les unes aux autres. Les gros pétioles des feuilles sporangifères portent parfois une trentaine de racines. La figure 3, qui représente le côté dorsal d'une jeune feuille coupée transversalement, montre quatorze racines en voie de développement. Trois de ces racines, *R*, sont coupées suivant leur axe. Les coupes précédentes et les suivantes de la même série renferment nécessairement les sections axiles des autres racines. Cette circonstance, ajoutée au fait que les racines d'un même niveau ne sont pas exactement du même âge, facilite beaucoup l'étude du développement de ces organes.

Chaque racine tire son origine d'une cellule superficielle qui se distingue de bonne heure de ses voisines par un contenu plus dense et des dimensions plus grandes (fig. 4, *r*). Cette cellule rhizogène, à peu près cubique, est limitée latéralement par les deux assises externes de la jeune feuille, qui, à ce stade, n'a encore que deux à quatre millimètres de longueur totale. De très bonne heure elle est recouverte en dehors par quatre cellules, dont deux seulement se voient sur une coupe transversale ou longitudinale (fig. 5, *G*). Ces cellules ne se dédoublent jamais tangentiellement ; mais par des cloisonnements répétés dans le sens radial, elles formeront plus tard une gaine épidermique simple en doigt de gant autour de la jeune racine (fig. 11 à 15, *G*). Malgré l'étendue de mes recherches, je n'ai pas rencontré le stade intermédiaire entre ceux que les fig. 4 et 5 représentent et dans lequel la cellule rhizogène ne serait recouverte en dehors que par une cellule encore indivise née à ses dépens.

L'origine de la cellule rhizogène est la même que dans l'*Azolla filiculoides*, étudié par Strasburger (1) ; mais, dans cette plante la gaine épidermique se dédouble tangentiellement, tandis qu'elle demeure toujours simple dans le *Ceratopteris*.

Bientôt, par trois cloisons obliques convergeant vers le milieu de sa face interne, la cellule rhizogène se divise en trois cellules basilaires (fig. 7, *b*, *b'* ; fig. 8, *b*, *b'*, *b''*) et une cellule mère tétraédrique, *m*, à face externe bombée, qui est la véritable cellule mère de la racine. Le plus souvent, en moyenne sept fois sur dix, la première de ces cloisons obliques se forme du côté de la base de la feuille. Beaucoup plus rarement elle se produit du côté du sommet (fig. 6, *b*).

---

(1) Strasburger : *Ueber Azolla*, Iena, 1873.

La cellule mère découpe ensuite parallèlement à ses faces latérales une série ou, plus fréquemment, deux séries de segments qui, avec les trois cellules basilaires, produiront l'écorce et le cylindre central ou stèle de la région basilaire de la racine (fig. 9 et fig. 10, *s*). A ce stade les segments cortico-stéliques, *s*, et la cellule mère, *m*, qui les a produits ne sont encore limités en dehors que par l'épiderme foliaire, *G*, plusieurs fois cloisonné dans le sens radial.

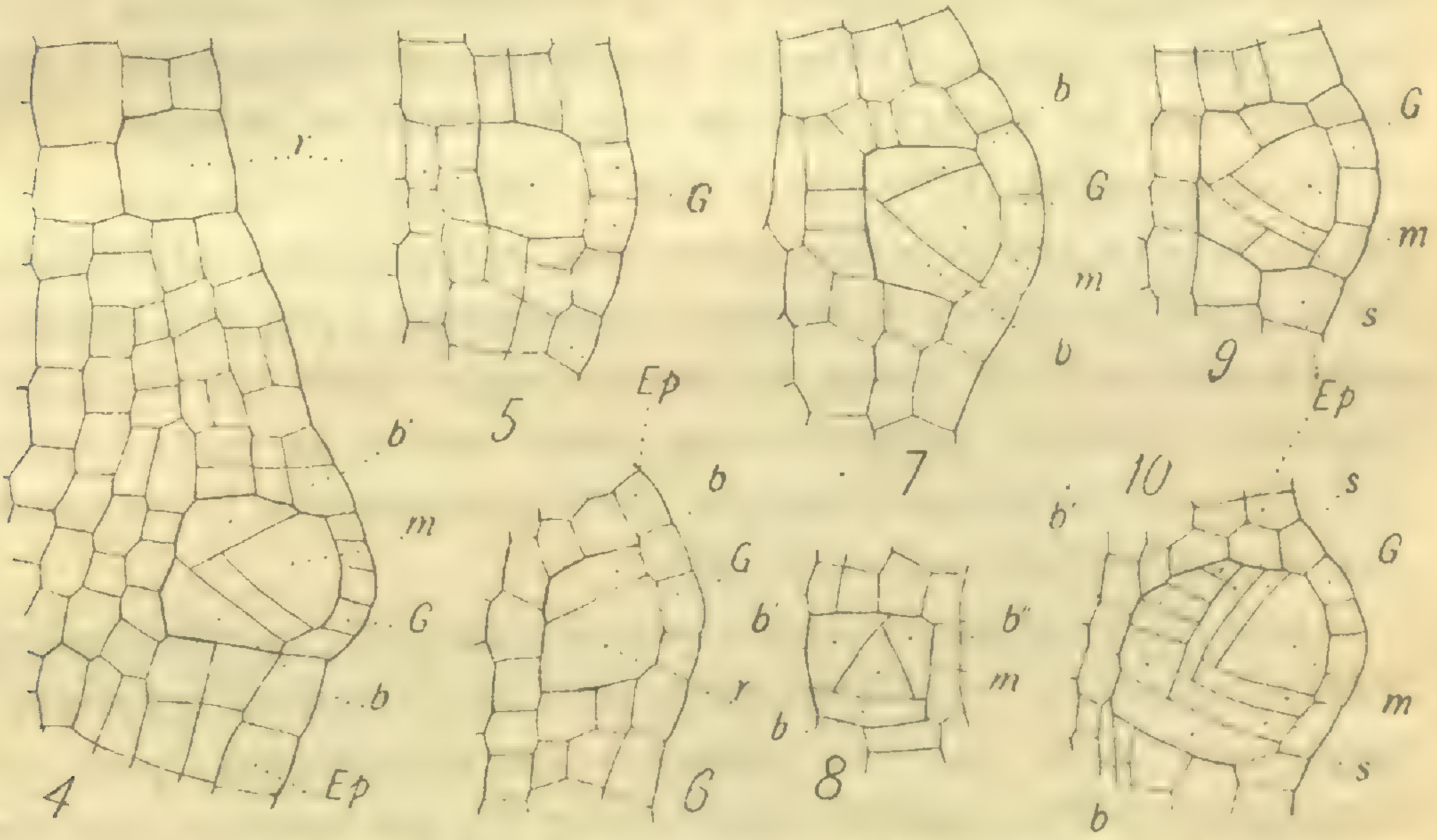


Fig. 4, 5, 6, 7, 9 et 10. — Coupes longitudinales médianes de feuilles très jeunes montrant l'origine des racines. — Fig. 8. — Coupe longitudinale tangentielle. — *r*, cellule rhizogène ; *G*, cellules épidermiques du pétiole formant la gaine ; *b*, *b'*, *b''*, cellules basilaires de la racine ; *m*, cellule mère tétraédrique ; *s*, segments cortico-stéliques.

La cellule mère se divise ensuite par une cloison parallèle à sa face externe courbe, donnant ainsi le premier segment de coiffe (fig. 11, *c*) ou segment épidermique de Van Tieghem, qui, après plusieurs cloisonnements dans le sens longitudinal, dédoublera sa région médiane comme nous le décrirons plus loin. Jamais nous n'avons vu le premier segment de coiffe se former immédiatement après les trois cellules basilaires comme il arrive dans les radicelles du *Ceratopteris* et dans les racines latérales des espèces étudiées par Van Tieghem et Douliot. Strasburger signale le même fait dans l'*Azolla filiculoides* (l. c. p. 46); mais la fig. 57 de la Pl. IV, à laquelle il renvoie, ne le montre pas nettement. On y voit, outre les cellules basilaires, un seul segment cortico-stélique à droite. De plus, dans les fig. 58, 59 et 60 de la même planche, qui représentent des stades plus avancés, l'unique calotte entièrement dédoublée de la coiffe semble s'appuyer directement sur la périphérie des cellules basilaires. Sur ce point, d'ailleurs, l'assertion de Strasburger a été rectifiée par les observations de Van Tieghem et Douliot.

Selon Campbell (1), le même fait se produirait chez toutes les Fougères, mais dans la racine embryonnaire seulement. « Au début, dit-il, la cellule apicale de la racine se segmente à peu près exactement comme celle de la tige, et c'est seulement après que plusieurs segments latéraux, ordinairement deux séries, se sont formés que se produit la première cloison péricline découpant la première cellule pour la coiffe » (l. c. p. 319).

Après la formation du premier segment de coiffe, la cellule mère fonctionne comme nous le décrirons plus loin, donnant ordinairement trois séries de trois segments cortico-stéliques, puis un segment de coiffe et ainsi de suite. La fig. 12, par exemple, montre d'un côté trois segments, *1*, *2*, *3*, de l'autre côté deux segments, *1*, *2*, formés après la calotte de la coiffe dont une seule cellule, *c'*, s'est dédoublée. La fig. 13 présente huit séries de segments pour trois calottes de coiffe. Enfin, la racine que représente la fig. 14 en a même formé quatre séries, *1*, *2*, *3*, *4*, entre ses deux calottes de coiffe dédoublées dans la région médiane. Ce dernier cas est beaucoup plus rare que les précédents.

Cette prédominance numérique des segments cortico-stéliques par rapport à ceux de la coiffe avait d'ailleurs déjà été sommairement indiqué par Kny : « Chaque série de trois segments, découpés du côté du corps de la racine, n'est pas régulièrement suivie d'une cellule primaire de coiffe » (l. c. p. 48).

---

(1) Campbell : *The structure and development of Mosses and Ferns.* London, 1895.

Le même auteur avait également vu que la cellule rhizogène « appartient à l'assise la plus externe du tissu fondamental, et n'est, par conséquent, recouverte en dehors que par le jeune épiderme. Si l'on considère, ajoute-t-il, les cellules qui la recouvrent comme étant la première assise de la coiffe, les racines seraient exogènes ». Les deux seules figures qui accompagnent la description très sommaire de Kny (Pl. VI, fig. 9 et 10), représentent, l'une, la cellule rhizogène, vue en coupe, ayant formé ses cellules basilaire, l'autre, la cellule rhizogène, vue de face, possédant, outre les cellules basilaires, deux segments cortico-stéliques. Les obser-

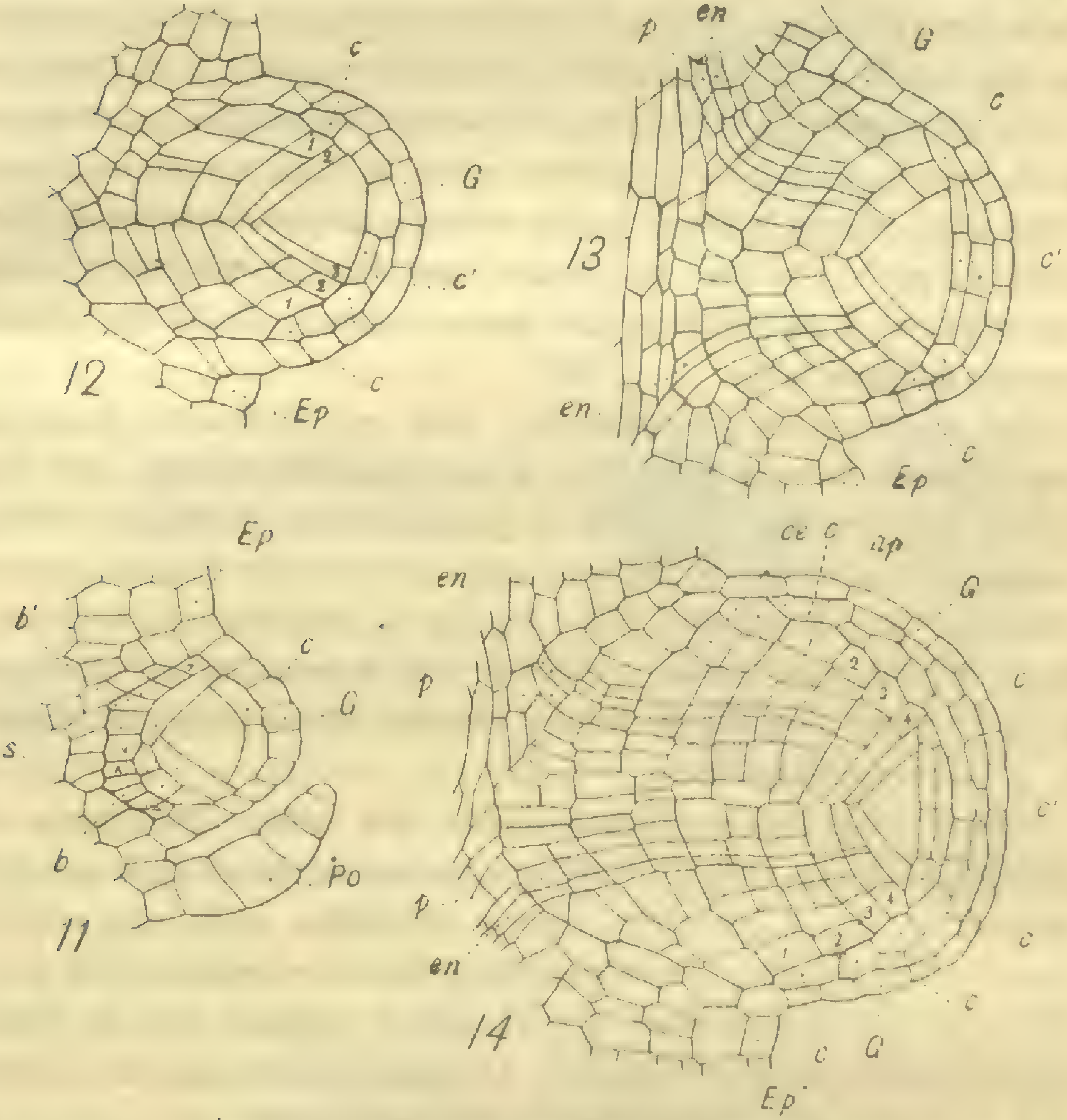


Fig. 11 à 14. — Coupes longitudinales médianes de feuilles jeunes passant par l'axe d'une racine. *G*, gaine épidermique ; *Po*, poil du pétiole ; *Ep*, épiderme du pétiole ; *b*, *b'*, cellules basilaires de la racine ; *c*, *c'*, calottes de la coiffe ; *ap*, assise pilifère ; *ce*, zone corticale externe ; *en*, endoderme ; *p*, péricycle.

vations de Kny sont exactes ; elles sont confirmées, précisées et complétées par les nôtres.

Van Tieghem et Douliot, pensant que le *Ceratopteris* se comporte comme les autres Fougères qu'ils ont étudiées, ont cru devoir rectifier les assertions de Kny dans les termes suivants : « L'auteur ne dit rien de la cellule rhizogène par rapport aux tissus intérieurs de la tige ; il n'a pas vu qu'elle touche le cylindre central en dedans et, par conséquent, appartient à l'endoderme actuel. D'autre part, il n'a pas remarqué que l'assise corticale externe qui la recouvre et qu'il regarde comme l'épiderme, subit bientôt un dédoublement tangentiel, et que la jeune racine résorbe la plus interne des deux ainsi formées, ce qui ne permet pas de lui rattacher, comme appartenant à sa coiffe, cette assise externe et de la regarder comme exogène » (loc. c. p. 640).

De nombreuses préparations, dont quelques-unes seulement sont figurées dans ce mémoire, m'ont toujours montré que l'épiderme foliaire, qui recouvre la jeune racine, suit pendant longtemps la croissance de celle-ci sans se décoller et *sans jamais se dédoubler tangentiellement* (fig. 4 à 15, *G*), Finalement la gaine en doigt de gant ainsi formée se décolle vers le sommet de la racine qui la perce et se produit au dehors alors qu'elle a déjà une longueur de plusieurs millimètres.

Cette assise épidermique simple, qui adhère longtemps à la racine, est, à vrai dire, le seul tissu protecteur de celle-ci jusqu'à la production de la première calotte de coiffe ; mais elle se forme avant que la cellule mère tétraédrique ne soit constituée (fig. 5 et 6). Elle n'a, par conséquent, pas la même origine que la coiffe à laquelle on ne peut la rattacher. La jeune racine qu'elle recouvre doit, par suite, être considérée comme endogène.

Quant à la situation de la cellule rhizogène par rapport aux tissus intérieurs du pétiole, elle est difficile à déterminer avec précision, attendu que, au moment où cette cellule se forme, ces tissus ne sont pas encore constitués complètement. Les raccords qui s'établissent ultérieurement, à travers les cellules basilaires, entre l'endoderme de la stèle pétiolaire voisine et celui de la racine nous portent à admettre que celle-ci repose directement sur cette stèle sans intercalation d'un pédicule péricyclique analogue à celui qui existe dans d'autres Fougères. D'ailleurs, le péricycle manque aux stèles pétiolaires du *Ceratopteris* qui sont entourées par un endoderme dédoublé. Entre celui-ci et l'épiderme on trouve quatre ou cinq assises de parenchyme fondamental, dont les deux plus internes forment autour de la stèle une gaine à membranes un peu épaissies et brunies (fig. 16). A en juger d'après la superposition radiale et tangentielle des éléments, au stade de méristème, ils paraissent provenir, avec l'endoderme, des deux assises qui limitent latéralement la cellule rhizogène primitive. Cette superposition est très nette dans le bas de la fig. 4 et dans le haut de la fig. 13, où l'endoderme du pétiole est déjà recouvert par une file radiale de six cellules. Cette dernière figure montre, de plus, que la base de la racine repose largement sur des éléments allongés, qui forment le procambium ou méristème de la stèle pétiolaire. La face interne de la cellule rhizogène primitive (fig. 4 et 5, *r*) serait donc en contact avec les initiales de ce méristème ; mais on ne saurait affirmer que cette cellule appartient à l'endoderme actuel, comme dans les autres Fougères étudiées par Van Tieghem et Douliot, puisque les assises qui l'entourent latéralement produisent non seulement l'endoderme définitif, mais encore tout le reste du tissu fondamental situé entre la stèle et l'épiderme du pétiole.

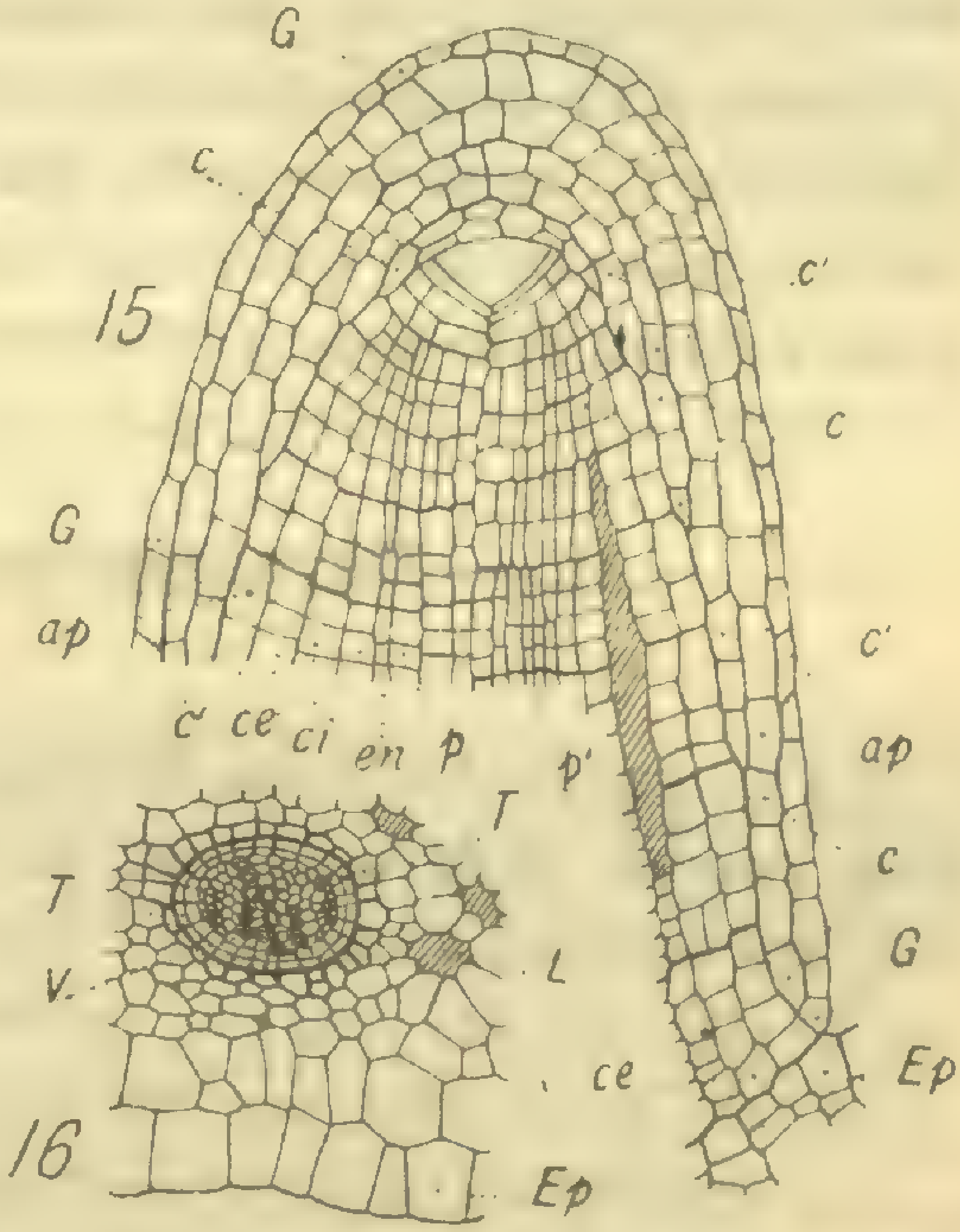


Fig. 15. — Coupe longitudinale d'une racine jeune dans le plan médian des futurs faisceaux libériens. *Ep*, épiderme du pétiole; *p'*, péricycle dédoublé tangentiellement. Les autres lettres ont la même signification que dans les figures précédentes.

Fig. 16. — Coupe transversale de la périphérie d'un pétiole, avec une stèle sans péricycle. *Ep*, épiderme ; *L*, lacune ; *V*, bois ; *T*, liber.

En résumé, les dix ou douze premières racines du *Ceratopteris* émanent de la tige, les suivantes procèdent des feuilles où elles occupent la région basilaire du pétiole. On en compte fréquemment de 25 à 30 sur le pétiole des individus adultes et vigoureux. Elles naissent sur la feuille très jeune, n'ayant encore que deux à quatre millimètres de longueur totale, aux dépens d'une cellule sous-épidermique, qui produit d'abord trois cellules basilaires et une cellule mère tétraédrique. Celle-ci découpe plusieurs segments cortico-stéliques avant de donner le premier segment de coiffe. L'épiderme du pétiole recouvre la jeune racine en dehors, suit sa croissance et forme une gaine qui ne se dédouble jamais. Finalement la jeune racine, qui est endogène, devient libre en perçant la gaine épidermique sans la désorganiser, sans la digérer.

II. — Développement de la racine.

La formation des tissus de la racine des Fougères est aujourd'hui bien connue dans un grand nombre d'espèces appartenant aux diverses familles de cet ordre. Les recherches les plus importantes sur ce sujet ont été publiées, en 1867, par Nægeli et Leitgeb (l. c. p. 74 et 111), et, en 1888, par Van Tieghem et Douliot (l. c. p. 363-384).

La description donnée par Nægeli et Leitgeb est trop connue pour qu'il soit nécessaire de la reproduire ici. Je me bornerai donc à en indiquer les points qui sont à rectifier ou à compléter. D'après ces auteurs :

1° Les segments courbes externes qui donnent la coiffe demeurent toujours simples et chacun d'eux forme une seule calotte.

2° Les segments triangulaires latéraux, qui donnent le corps de la racine, prennent, après leur division radiale en sextants, une première cloison tangentielle qui sépare le cylindre central en dedans (*Cambiumwand*) ; puis une seconde cloison qui sépare l'épiderme (*Epidermiswand*) ; enfin une troisième cloison qui sépare les zones de l'écorce (*Rindenwand*).

3° La cellule limitée par la première et la troisième des cloisons tangentielles donne, par une série de cloisonnements centripètes, la zone corticale interne et finalement l'endoderme.

Reprenons ces assertions de Nægeli pour montrer ce qu'elles ont d'inexact ou d'incomplet.

1° Les segments courbes qui donnent la coiffe se dédoublent dans la région médiane et chacun d'eux produit ainsi une calotte double.

Ce dédoublement a été constaté par Van Tieghem et Douliot, en 1888, dans une trentaine d'espèces appartenant aux Polypodiacées, aux Cyathéacées, aux Schizéacées et aux Osmondacées. Il a été figuré, en 1890, par Rauwenhoff (1), dans une Gleichéniacée (l. c. pl. X, fig. 89), et indiqué, en 1895, par Campbell (2), dans *Adiantum emarginatum* et *Polypodium falcatum* (l. c. p. 329). Van Tieghem et Douliot signalent deux cas seulement où les segments de la coiffe demeurent simples (*Trichomanes radicans* et *Woodsia hyperborea*), et un cas où ils se dédoublent partiellement (*Hymenophyllum alatum*).

Voyons comment les calottes de la coiffe se développent dans le *Ceratopteris.*

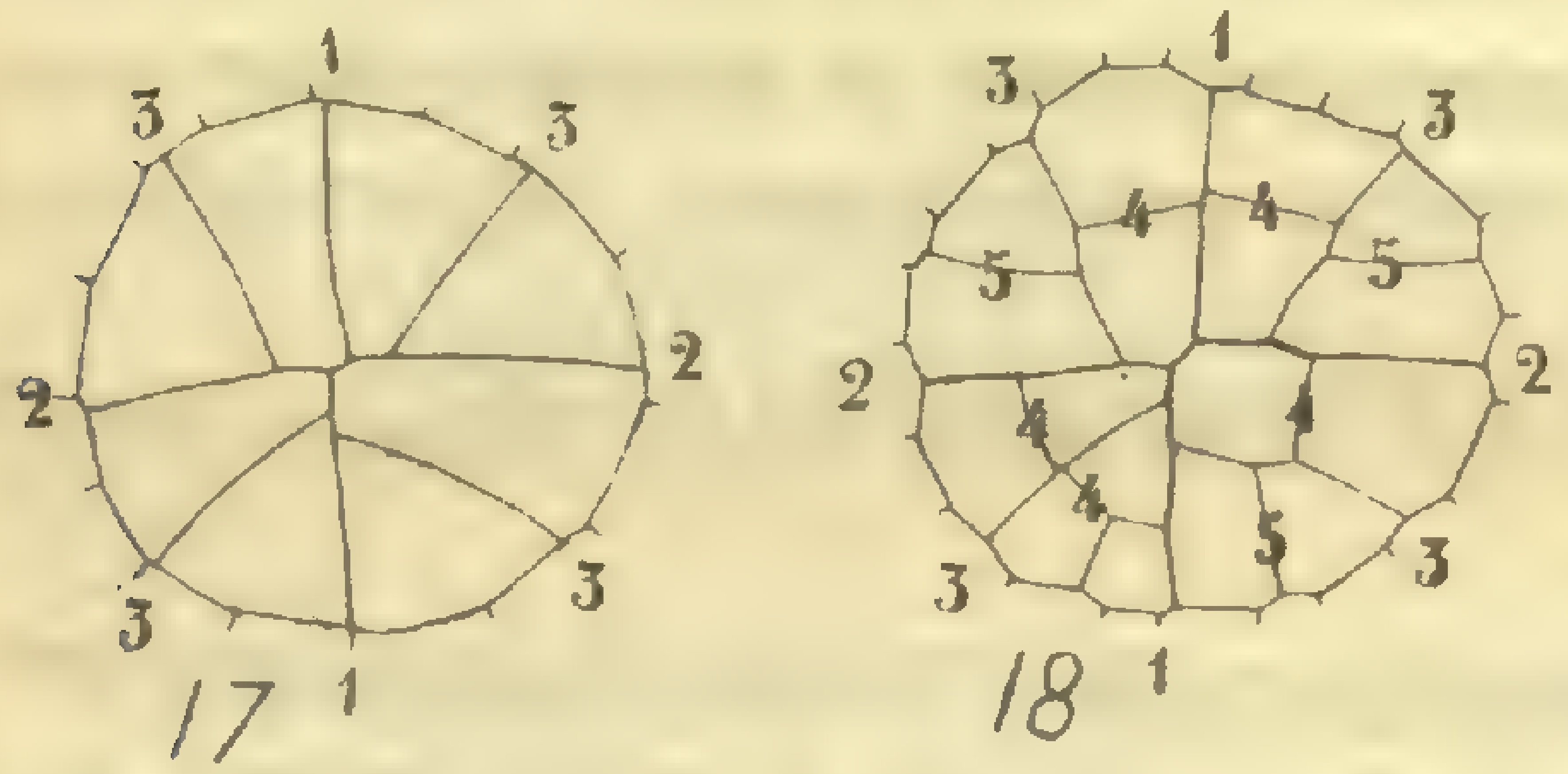
Aussitôt formé, le segment de coiffe s'élargit un peu ; ses faces latérales (fig. 19, $v\,x$), placées d'abord dans le prolongement de la cloison, $u.v$, du segment cortico-stélique correspondant, s'inclinent en dehors, de sorte que ses abords s'amincissent et débordent la cellule mère tétraédrique. Pour étudier ses premiers cloisonnements il faut l'examiner de face : de triangulaire qu'il était tout d'abord, il devient rapidement circulaire ; en même temps il se divise en quadrants par deux cloisons longitudinales en croix (fig. 17, *1* et *2*). Chaque quadrant prend ensuite une cloison longitudinale oblique aux précédentes, qui s'appuie sur la circonférence et sur l'une des cloisons cruciales (fig. 17, *3*). Le segment est ainsi partagé en huit cellules dont quatre se touchent au centre, que les autres n'atteignent pas. Les premières, et parfois l'une des secondes, se divisent ensuite, par une cloison tangentielle (fig. 18, *4*), en une cellule interne et une cellule externe. La jeune calotte est alors formée de quatre ou cinq cellules intérieures et de huit cellules périphériques. Celles-ci prennent bientôt des cloisons longitudinales radiales ou obliques (*5*). C'est alors que le groupe des cellules intérieures se dédouble (fig. 20, c') par une cloison transversale qui n'intéresse pas les cellules périphériques, c. Les deux premières cloisons en croix ne coïncident pas dans deux segments successifs, mais font entre elles un angle de 45 degrés, de telle sorte que les quadrants alternent.

---

(1) Rauwenhoff : *La génération sexuée des Gleichéniacées* (Archiv. néerland., 1890).

(2) Campbell : *The structure and development of Mosses and Ferns*, 1895.

Ces divisions du segment de coiffe qui précèdent le dédoublement sont en tous points conformes à celles que Nægeli et Leitgeb ont constatées dans les autres Fougères et dans les *Marsilia*. Van Tieghem et Douliot admettent, au contraire, que les deux cloisons en croix sont suivies immédiatement d'une cloison tangentielle qui divise les quadrants en deux cellules dont l'externe se partage à son tour en deux par une cloison radiale ; ce serait par conséquent la cloison formée en troisième lieu, et non la quatrième, qui séparerait les cellules intérieures. Nous n'avons pas observé ce cas dans le *Ceratopteris* et Nægeli ne l'a constaté qu'une seule fois dans une racine de *Polypodium vulgare* dont l'un des quadrants s'était divisé tangentiellement, tandis que la division des trois autres était conforme à la règle (l. c. p. 74 et 12).



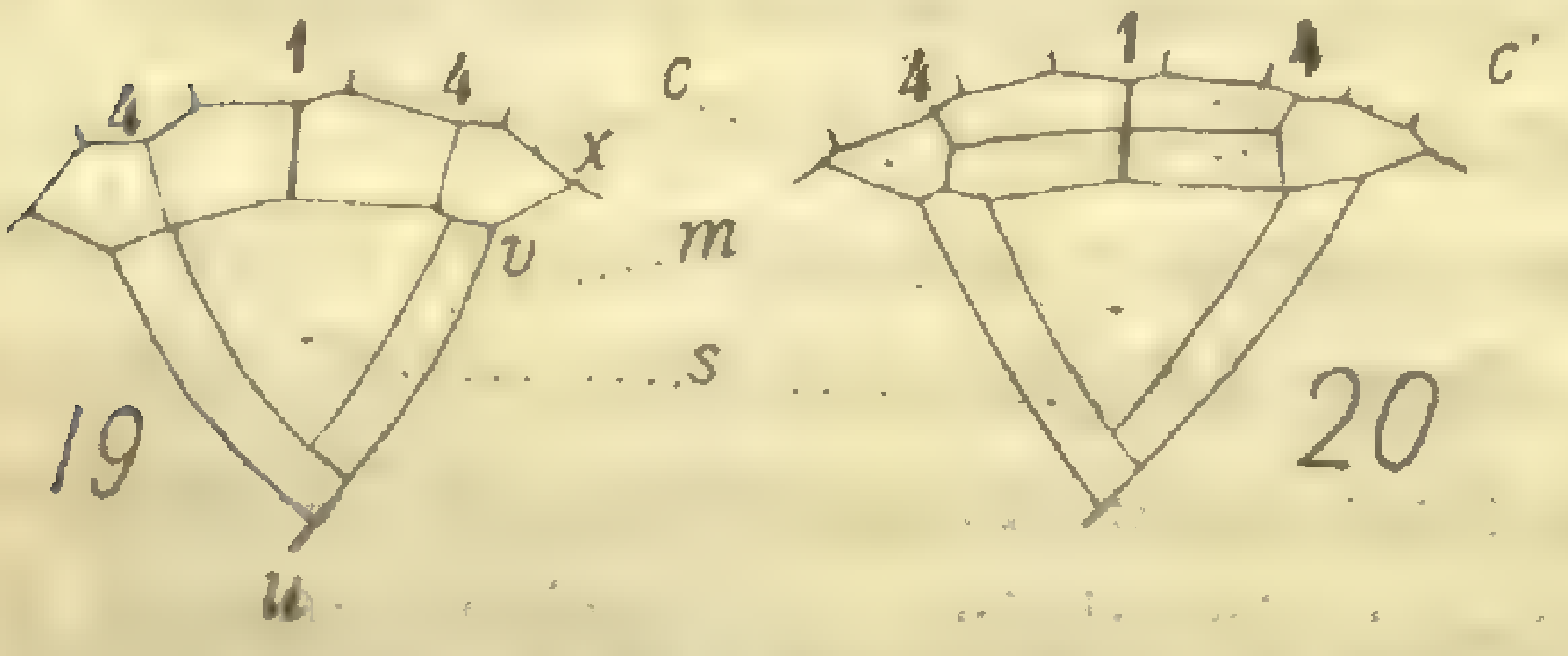


Fig. 17 et 18. — Coupes transversales d'un segment de coiffe, vu de face. Les chiffres 1 à 5 indiquent l'ordre de formation des cloisons.

Fig. 19 et 20. — Coupes longitudinales de la cellule mère, *m*, et d'un segment de coiffe ; *s*, segment cortico-stélique ; *c*, cellules marginales de la coiffe; *c*, cellules de la région médiane dédoublées.

Le dédoublement des segments de coiffe est particulièrement net dans le *Ceratopteris*. Plusieurs des figures qui accompagnent ce texte le montrent très clairement. Dans la suite, le bord simple de la calotte est rejeté dans le plan de sa moitié externe, de sorte que finalement les deux assises de chaque calotte semblent indépendantes, comme si elles étaient issues de deux segments distincts. Mais il est toujours facile de reconnaître le dédoublement sur les calottes les plus internes et les plus jeunes (fig. 14, p. 11 ; fig. 32, Les cas où il ne se produit pas simultanément dans toutes les cellules médianes d'un même segment sont très rares dans le *Ceratopteris*. Ils sont encore plus démonstratifs que le cas normal. Dans la fig. 12, une seule des cellules médianes est dédoublée ; la fig. 15, au contraire, où la plus jeune calotte recouvre déjà trois séries de segments cortico-stéliques, montre une seule de ces cellules encore indivise.

2° L'ordre de production des trois premières cloisons tangentielles des segments qui donnent le corps de la racine n'est pas celui que Nægeli et Leitgeb ont indiqué.

Dès 1887, j'ai constaté (1) que « *la première cloison tangentielle formée correspond à celle que* Nægeli et Leitgeb *appellent cloison corticale (Rindenwand).* Ce premier cloisonnement ne marque donc pas la limite entre le cylindre central et l'écorce, comme on admet généralement. C'est lui qui, dans les *Adiantum* et dans plusieurs Aspléniées, constitue les parois externes des grandes cellules de l'assise sus endodermique » (l. c. p. 106).

La même année, Poirault (2) a présenté à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg un mémoire qui fut imprimé seulement en 1890. Cet auteur a toujours vu la première cloison tangentielle des segments, qu'il appelle *cloison corticale,* « séparer l'initiale de l'écorce externe de l'initiale commune de l'écorce interne et du cylindre central ». La seconde cloison, qu'il nomme *cloison péricyclique*, « sépare l'écorce interne du cylindre central. A ce stade nous avons donc les trois initiales distinctes : une pour le cylindre central, la seconde pour l'écorce interne, la troisième pour l'écorce externe et l'assise pilifère » (l. c. p. 20 ; Pl. I, fig. 1).

3° L'endoderme est toujours individualisé de très bonne heure. Il n'est jamais formé en dernier lieu, même dans les cas où la zone corticale interne comprend plusieurs assises produites par des cloisonnements centripètes.

Dès 1887, dans la publication citée au paragraphe précédent, j'ai indiqué que « *l'endoderme est toujours formé et individualisé à un moment où l'écorce interne n'est encore représentée que par un seul cercle d'initiales*, qui tantôt ne se cloisonnent pas davantage, tantôt sont le siège de divisions répétées dans l'ordre centripète. L'endoderme n'est donc jamais l'assise la plus jeune de l'écorce interne » (l. c. p. 106).

---

(1) Lachmann : *Structure et croissance de la racine des Fougères. Origine des radicelles* (Bullet. Soc. bot. Lyon, 1887).

(2) Poirault : *Recherches d'histogénie végétale. Développement des tissus dans les organes végétatifs des Cryptogames vasculaires* (Mém. Acad. impér. des sc. de Saint-Pétersbourg, 7ᵉ série, t. XXXVII, 1890).

En même temps, Poirault signala ce fait dans les termes suivants : « Dans les cas que j'ai examinés (*Blechnum brasiliense*, *Aspidium violascens*, *etc.*), la cellule moyenne se divise en deux parties très inégales ; l'interne, plus petite, qui ne se dédoublera plus, est l'endoderme ; la plus grande, par deux ou trois dédoublements, donnera l'écorce interne » (l. c. p. 6 ; Pl. fig. 1).

La formation de la cloison médio-corticale avant la cloison séparatrice du cylindre central et l'individualisation précoce de l'endoderme ont été confirmées par les recherches de Van Tieghem et Douliot, en 1888 (1). Ces auteurs ont étudié une trentaine d'espèces et ont constaté que toujours, sauf dans les Osmondacées, la première cloison tangentielle des segments latéraux ou corticostéliques est celle qui sépare les deux zones de l'écorce ; ils l'ont appelée *cloison médio-corticale*. La cloison qui sépare le cylindre central en dedans (*cl. cambiale* de Nægeli, *cl. péricyclique* de Poirault) n'apparaît qu'en second lieu. Ces deux cloisonnements tangentiels partagent chaque sextant cortico-stélique en trois cellules, qui, par une nouvelle division tangentielle, donneront respectivement l'endoderme, le péricycle et l'assise pilifère.

Le dédoublement des segments de la coiffe, la formation de la cloison médio-corticale avant la cloison séparatrice du cylindre central et l'individualisation précoce de l'endoderme sont donc des faits bien acquis, qui ont été constatés par plusieurs auteurs dans plus de cinquante espèces étudiées. D'autres données nouvelles, signalées par Van Tieghem et Douliot, sur le développement variable des deux zones corticales ont complété nos connaissances sur la formation du méristème primitif de la racine des Fougères. Cette formation est magistralement exposé par Van Tieghem dans la deuxième édition de son « Traité de botanique » publiée en 1891. Cependant sa description, qui diffère sensiblement de celle que Nægeli a donnée, n'a pas été admise par les botanistes étrangers.

---

(1) L. c. p. 363-364. — Voir aussi Van Tieghem : *Sur la limite du cylindre central et de l'écorce dans les Cryptogames vasculaires* (Journal de botanique, nov. 1888).

Quelles peuvent être les causes de ce désaccord ? La question mérite, je crois, d'être examinée.

En 1890, dans un travail consacré surtout au développement du prothalle et des organes sexuels des Gleichéniacées, Rauwenhoff étudie sommairement la formation des tissus et figure une coupe longitudinale du sommet de la racine du *Gleichenia circinata* v. *semivestita*. L'auteur ne dit rien du dédoublement des calottes de la coiffe, bien que celui-ci soit très net dans les deux plus âgées des calottes qu'il représente. Il a, de plus, mal interprété l'opinion de Van Tieghem touchant la valeur morphologique de la coiffe et l'origine de l'assise périphérique du corps de la racine. « Van Tieghem et Douliot, dit-il, affirment que, conformément à ce qui a lieu chez les Phanérogames, les trois segments latéraux ne donnent que le cylindre central et l'écorce, de sorte que le segment externe produirait l'épiderme et la coiffe, qui devrait donc être considérée comme une portion de l'épiderme.... L'opinion de Nægeli et Leitgeb doit être maintenue ; cela ressort de la fig. 89, Pl. X, dans laquelle on peut suivre, sans autre explication, la formation des cellules épidermiques aux dépens des segments latéraux de la cellule spéciale. » (l. c. p. 211).

L'auteur n'a pas remarqué que Van Tieghem emploie le mot *épiderme* dans un sens tout différent de celui que lui donne Nægeli. Celui-ci l'applique, en effet, à l'assise superficielle qui produit les poils absorbants, c'est-à-dire à ce que Van Tieghem nomme *exoderme* ou *assise pilifère* qui dérive des segments cortico-stéliques, réservant le nom d'épiderme à la coiffe, qui provient seule des segments courbes externes et qui est tout entière caduque.

Campbell, commet la même erreur d'interprétation en disant que « Van Tieghem ne semble pas reconnaître la coiffe comme distincte de l'épiderme ; mais tous les autres auteurs la considèrent comme une formation spéciale » (l. c. p. 329). Il décrit ensuite l'origine de l'épiderme (assise pilifère) aux dépens des segments latéraux, sans se douter qu'en cela il est parfaitement d'accord avec Van Tieghem.

Franck (1) et Sadebeck (2) se contentent de reproduire les figures et de résumer les descriptions données par Nægeli et Leitgeb.

---

(1) Franck : *Lehrbuch der Botanik*, p. 121, 1892.

(2) Sadebeck : *Pteridophyta*, p. 60 (Engler u. Prantl. naturlich. Pflanzenfamilien, 1898).

Pour Strasburger (1), le dédoublement des calottes de la coiffe, observé par Van Tieghem et par Campbell, n'a pas lieu dans le *Pteris cretica*, qu'il décrit et représente (l. c. p. 328). De plus, il admet l'ordre de formation des cloisons tangentielles des segments cortico-stéliques tel qu'il a été indiqué par Nægeli dont les observations seraient ainsi confirmées sur tous les points.

Rosen (2), en étudiant les noyaux du méristème terminal dans la racine de deux Fougères (*Oleandra nodosa* et *Polypodium aureum*), a bien vu que l'endoderme s'individualise de très bonne heure; mais il n'a pas remarqué le dédoublement des calottes de la coiffe, ni l'ordre d'apparition des deux premières cloisons des segments corticostéliques. Il admet, à tort, comme nous le verrons plus loin, que les grandes cellules centrales de la stèle, destinées à se transformer en vaisseaux scalariformes, se séparent avant le péricycle.

Ford (3), en 1902, dans son travail sur le *Ceratopteris*, n'a pas décrit la formation du méristème de la racine; mais il en a figuré une coupe longitudinale (Pl. VI, fig. 11) que le défaut d'axilité rend défectueuse. Elle montre cependant, sans que l'auteur le fasse remarquer, la prédominance numérique des segments corticostéliques par rapport à ceux de la coiffe.

Enfin, plus récemment, en 1904, Rumpf (4) a donné une description très sommaire (l. c. p. 7) et une figure schématique (Pl. IV, fig. 94) du sommet de la racine qui montre très nettement la succession des trois premières cloisons, telle que les auteurs français l'admettent; mais il n'a pas vu le dédoublement des calottes de la coiffe.

L'erreur commise par la plupart des observateurs au sujet de l'ordre de production des cloisons tangentielles des segments cortico-stéliques s'explique aisément. Dans la plupart des Fougères,

---

(1) Strasburger : *Das botanische Practicum*. IV. Aufl. 1902.

(2) Rosen : *Beitræge z. Kenntniss der Pflanzenzellen. III. Kerne und Kernkœrperchen in meristematischen und sporogenen Geweben.* (Beitr. z. Biologie d. Pflanzen von F. Cohn, vol. VII, 1896).

(3) Ford : *The Anatomy of Ceratopteris thalictroides* (Annals of Botany, vol. XVI, 1902).

(4) Rumpf : *Rhizodermis, Hypodermis und Endodermis der Farnwurzel* (Bibliotheca botanica, 1904).

où la racine croît assez lentement, chaque série de trois segments cortico-stéliques est régulièrement suivie d'un segment de coiffe. L'on voit alors souvent le segment cortico-stélique, formé en dernier lieu, encore indivis, alors que le pénultième et l'antépénultième ont déjà pris chacun plusieurs cloisons dont il est, dans ce cas, impossible de reconnaître la succession ; mais, ainsi que le fait observer Van Tieghem, en examinant un grand nombre de préparations, on en trouve toujours qui sont démonstratives à cet égard. L'ordre de production de ces cloisons est particulièrement évident chez le *Ceratopteris* dont la racine croît rapidement et forme ordinairement un segment de coiffe pour trois séries de segments cortico-stéliques. Néanmoins on rencontre parfois ici la même difficulté que dans d'autres espèces. La fig. 10, par exemple, montre la cellule basilaire, *b'*, déjà divisée par quatre cloisons tangentielles, tandis que l'autre cellule basilaire, *b*, et les deux séries de segments formées sont encore indivises. La jeune radicelle, que la fig. 32 représente, a partagé les deux segments par la cloison médio-corticale seulement, alors que les cellules basilaires ont déjà pris quatre cloisons. Dans la fig. 13, tous les segments sont cloisonnés ; le plus jeune a formé la cloison médio-corticale, les deux précédents ont, en plus, la cloison séparatrice du cylindre central ; nous trouvons ensuite deux segments ayant respectivement quatre et cinq cloisons. Mais, par contre, on obtient assez fréquemment des préparations dans lesquelles une seule et même coupe axile permet de déterminer l'ordre d'apparition des cloisons depuis la médio-corticale jusqu'à celles qui séparent respectivement l'assise pilifère à l'extérieur et les gros éléments vasculaires au centre (fig. 24 et 34).

La discussion précédente m'a paru nécessaire pour faire prévaloir l'opinion des auteurs français qui ont étudié la racine des Fougères et rectifié les observations de Nægeli sur les points indiqués au commencement de ce chapitre.

Le cloisonnement ultérieur des initiales cortico-stéliques, dont nous avons indiqué la formation, se poursuit rapidement et donne un méristème qui bientôt se différencie en tissus définitifs. Une racine de deux à trois millimètres de diamètre, ainsi différenciée, présente la structure suivante :

L'assise pilifère est composée de deux sortes d'éléments : des cellules étroites et courtes, disposées en files longitudinales, séparées par plusieurs files de cellules plus larges et plus longues (fig. 22, *ap*). Les premières seules produisent des poils absorbants, *po*.

Sous l'assise pilifère, la zone corticale externe est réduite à une seule assise (fig. 21, *ce*). La zone corticale interne, *ci*, est au contraire beaucoup plus développée et creusée de lacunes.

A la limite des deux zones corticales, il y a un cercle de douze lacunes : six, plus grandes, *L*, correspondent aux cloisons primitives des sextants, et six, environ de moitié plus petites, *L'* alternent avec les précédentes. Au-dessous de ce premier cercle on en trouve un second de douze lacunes moins volumineuses : six, un peu plus larges, *l*, situées au-dessous des petites lacunes du cercle externe, et six, plus étroites, *l'*, alternant avec elles. Toutes ces lacunes sont séparées les unes des autres par des murs formés par une seule assise de cellules. Dans les racines grêles, de un millimètre de diamètre, par exemple, les lacunes du cercle interne sont remplacées par des méats bordés de cinq ou six cellules. Entre les lacunes internes et l'endoderme, *en*, on trouve trois assises de cellules superposées radialement et laissant entre elles des méats quadrangulaires. L'assise sus-endodermique, *ci'*, et celle qui la recouvre ont leurs membranes un peu épaissies et brunies. L'endoderme est simple et a ses parois radiales et transversales plissées.

Le cylindre central commence par un péricycle simple, *p*, contre lequel s'appuient deux faisceaux ligneux et deux faisceaux libériens.

Chaque faisceau ligneux présente ordinairement une rangée de trois vaisseaux étroits, *v*, contigus au péricycle. Les deux groupes vasculaires sont reliés par des cellules très larges, *v'*, qui n'épaississent et ne lignifient pas leur membrane et ont été considérés par divers auteurs, notamment par Leclerc du Sablon (1), comme formant la moelle de la racine. Ce sont, selon nous, des éléments vasculaires indifférenciés, des *vaisseaux potentiels*, qui, dans beaucoup de Fougères à racine binaire, se différencient et forment alors, avec les deux groupes périphériques, une bande vasculaire diamétrale. Entre les faisceaux ligneux et les faisceaux libériens on trouve du parenchyme conjonctif.

---

(1) Leclerc du Sablon : *Recherches sur la formation de la tige des Fougères* (Annales des sc. natur., 7ᵉ série, t. XI, 1890).

Voyons maintenant comment les tissus définitifs de la racine dérivent des segments cortico-stéliques. On peut suivre assez facilement, pas à pas, la formation de ces tissus en combinant l'étude des coupes transversales avec celle des coupes longitudinales axiles passant par le milieu des faisceaux libériens où le cloisonnement n'est pas troublé par la production des radicelles. Les coupes longitudinales de racines obtenues dans les préparations analogues à celles de la fig. 3 remplissent cette condition.

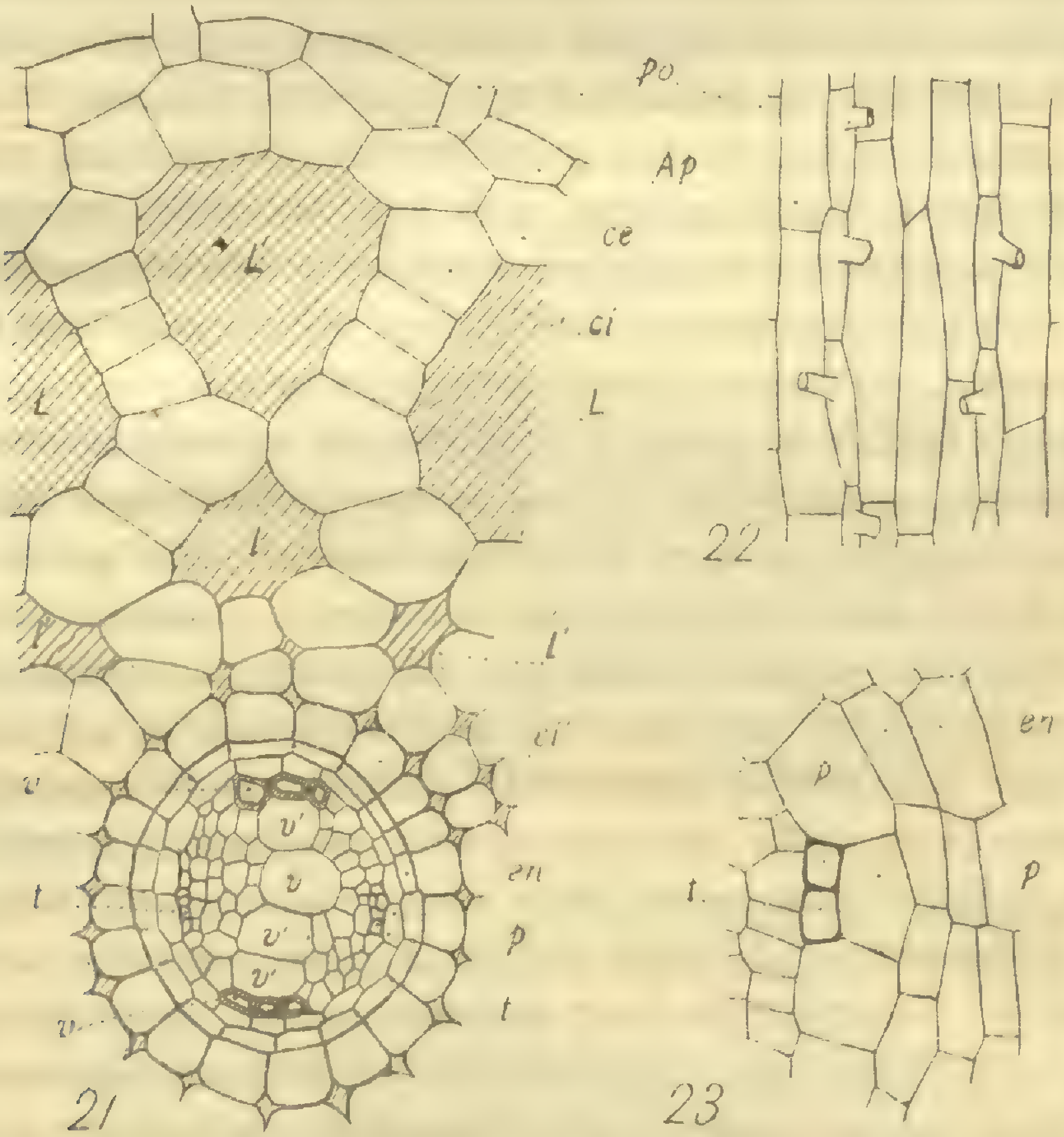


Fig. 21. — Coupe transversale d'une racine différenciée. — Fig. 22. — Assise pilifère vue de face. — Fig. 23. — Coupe transversale montrant l'origine péricyclique des premiers tubes criblés. — *po*, poils absorbants ; *ap*, assise pilifère ; *ce*, zone corticale externe ; *ci*, zone corticale interne ; *en*, endoderme ; *p*, péricycle ; *v*, vaisseaux différenciés ; *v'*, vaisseaux potentiels ; *t*, tubes criblés *L*, *L'* lacunes du cercle externe ; *l*, *l'*, lacunes du cercle interne.

Chaque segment se partage d'abord, comme on sait depuis les recherches de Nægeli, par une cloison longitudinale à peu près radiale, en deux secteurs ou sextants un peu inégaux. Ceux-ci se divisent bientôt par la *cloison médio-corticale* (fig. 24, *1*) et la *cloison stélique*, *2*, en trois cellules qui sont, de dehors en dedans, l'initiale, *i*, de la zone corticale externe et de l'assise pilifère, l'initiale *i'*, de la zone corticale interne et de l'endoderme, et l'initiale, *i''*, du cylindre central ou stèle.

Chaque initiale externe se divise par une cloison tangentielle, *5*, ou *cloison exodermique*, en deux cellules à peu près égales, *ap* et *ce*, qui, dans la suite, ne prendront plus que des cloisons longitudinales radiales et des cloisons transversales. Celles-ci apparaissent d'abord dans la cellule interne, puis dans la cellule externe. Les cloisons longitudinales radiales, visibles sur des coupes transversales, sont plus nombreuses dans l'assise pilifère que dans l'assise sous-jacente, qui forme la zone corticale externe.

Chaque initiale moyenne, *i'*, se divise, de très bonne heure, par une cloison tangentielle, *3*, ou *cloison endodermique*, en deux cellules inégales, *en* et *ci*. La cellule interne, plus petite, ne se divisera plus que par des cloisons radiales et transversales, donnant ainsi l'endoderme définitif qui reste simple. La cellule externe se partage d'abord par une cloison transversale en deux étages, puis, par une cloison tangentielle en deux assises superposées radialement et enfin par une cloison longitudinale radiale en quatre cellules juxtaposées, deux à deux, dans le sens tangentiel.

A ce moment, à la limite des deux zones corticales, les membranes se dissocient le long de leurs arêtes de jonction pour donner six méats. qui s'agrandissent rapidement en lacunes, *L*, correspondant aux cloisons qui délimitaient les sextants primitifs (fig. 28). En même temps, les cellules qui bordent ces lacunes, se divisent par des cloisons longitudinales pour permettre l'augmentation de volume de ces espaces intercellulaires. Il se produit ensuite, en alternance avec les lacunes, *L*, six nouveaux méats qui donneront six lacunes plus petites, *L'*. En dedans de ce premier cercle de lacunes il s'en forme un second, qui débute par des méats entre les deux assises de l'écorce interne, dont le cloisonnement ultérieur donnent finalement les murs qui séparent les lacunes et les deux ou trois assises de cellules superposées à l'endoderme et laissant entre elles des méats quadrangulaires. Dans la racine adulte ces cellules ont leur membrane légèrement épaissie et brunie.

Les six initiales internes ou stéliques, *i''*, sont inégales : trois d'entre elles plus grandes se touchent au centre ; les trois autres, alternant avec les précédentes, n'atteignent pas le centre. Cela est très net sur des coupes transversales de la racine à travers les plus jeunes segments. Une première cloison tangentielle, que nous appellerons *cloison péricyclique* (fig. 24, *4*), sépare le péricycle, *p*, qui s'individualise, par conséquent, de très bonne heure, presque en même temps que l'endoderme et ordinairement un peu avant l'assise pilifère. Il demeure simple dans le *Ceratopteris*. Les six cellules tabulaires qui le constituent se multiplient par des cloisons transversales donnant ainsi des files longitudinales de cellules plus larges, mais ordinairement un peu plus courtes que les cellules endodermiques et beaucoup plus courtes que les éléments voisins destinés à fournir les éléments conducteurs de la stèle. Ce dernier caractère surtout permet de reconnaître facilement le péricycle sur les coupes longitudinales à un niveau où les tissus voisins, déjà formés, ne sont pas encore différenciés, où l'endoderme, par exemple, ne possède pas encore ses plissements caractéristiques.

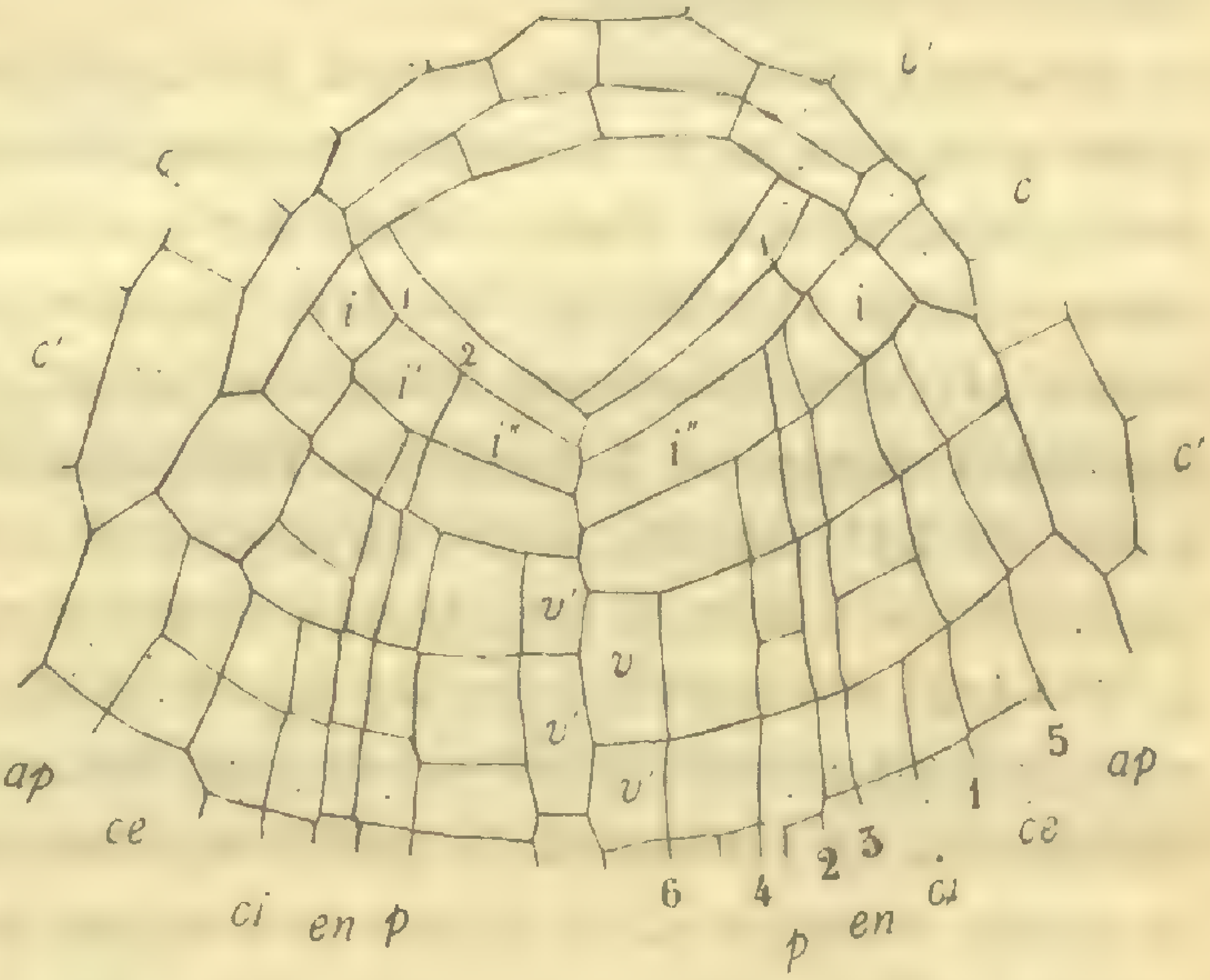


Fig. 24. — Coupe longitudinale de l'extrémité d'une racine. 1, cloison médio-corticale ; 2, cl. stélique ; 3, cl. endodermique ; 4, cl. péricyclique ; 5, cl. exodermique ; 6, cl. séparatrice des vaisseaux potentiels, *v'* ; *i*, initiale de *ap* + *ce* ; *i'*, initiale de *ci* + *en* ; *i''*, initiale du péricycle, *p*, et du reste de la stèle.

La seconde cloison des initiales stéliques, *6*, se produit immédiatement après la cloison péricyclique et sépare un groupe central de grandes cellules, dont trois visibles sur des coupes transversales, sont un peu plus larges et ne se diviseront plus que par une cloison transversale pour donner les *vaisseaux potentiels*, *v'*. Les trois autres, de même que les cellules situées entre elles et le péricycle, se divisent d'abord radialement, puis dans tous les sens et dans l'ordre centrifuge. Le cloisonnement est plus actif et dure plus longtemps sur deux côtés opposés correspondant aux futurs faisceaux libériens. Il donne finalement, en dehors du groupe central des trois ou quatre vaisseaux potentiels, un tissu de petites cellules dont la différenciation en vaisseaux et en tubes criblés commence contre le bord interne du péricycle. En somme, la formation des tissus conducteurs est centrifuge, tandis que leur différenciation est centripète

Souvent en regard du milieu de la région libérienne, un élément péricyclique se dédouble tangentiellement en deux cellules dont l'interne se se divise radialement et donne les deux premiers tubes criblés (fig. 23, *t*). Ce fait, signalé récemment par Chauveaud (1) dans plusieurs Fougères, avait déjà été mentionné et figuré par Nægeli et Leitgeb, en 1867, chez les *Pteris hastata* (l. c. p. 86; Pl. XIV, fig. 10). Cette formation de tubes criblés d'origine péricyclique a lieu de très bonne heure dans le *Ceratopteris*. On la voit très nettement dans les fig. 31 et 32, *P*, à la page 31, qui représentent des sections transversales très voisines du sommet de la racine, à un niveau où la coiffe, *c*, n'est pas encore rejetée et où aucun vaisseau n'est encore différencié. Dans la suite, la partie externe de la cellule qui a donné les deux tubes criblés grandit dans le sens radial et les repousse vers l'intérieur, de sorte que leur origine péricyclique n'est plus reconnaissable dans la racine complètement différenciée.

Dans cette seconde partie de notre travail nous avons suivi pas à pas la formation du méristème terminal de la racine du *Ceratopteris*, en complétant ou rectifiant sur plusieurs points les résultats annoncés dans les publications antérieures.

En résumé, la cellule mère produit des groupes d'éléments composés habituellement d'un segment de coiffe et de trois séries de segments cortico-stéliques.

Le segment de coiffe, après s'être divisé, par des cloisons longitudinales, en huit cellules périphériques et quatre ou cinq cellules internes, dédouble ces dernières par une cloison transversale, donnant ainsi une calotte dont les deux assises paraissent finalement indépendantes. Ce dédoublement est très net dans le *Ceratopteris*.

---

(1) Chauveaud : *Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des Cryptogames vasculaires et des Gymnospermes* (Annales des sc. nat., 8ᵉ série, t. XVIII, p. 267).

Les segments cortico-stéliques, après s'être divisés chacun en deux sextants, prennent des cloisons tangentielles, qui se forment dans l'ordre suivant : cloison médio-corticale, cl. stélique, cl. endodermique, cl. péricyclique, cl. exodermique et cl. séparatrice des vaisseaux potentiels.

La production de la cloison médio-corticale avant la cloison stélique et l'individualisation très précoce de l'endoderme sont des faits que nous avions signalés dès 1887, dans plusieurs Fougères. Les recherches de Van Tieghem les ont confirmés, et ont, de plus, démontré le dédoublement des calottes de la coiffe dans la plupart des espèces étudiées. Les résultats ainsi acquis, depuis 1888, sont devenus classiques en France; mais ils n'ont pas été admis par la plupart des botanistes des autres pays, qui considèrent encore les observations de Nægeli comme exactes en tous points. Nous avons recherché les causes de ce désaccord dues à une étude trop sommaire de matériaux insuffisants ou à une interprétation erronée du texte des auteurs français.

Nos recherches montrent, en outre, que le centre de la stèle est occupé par de larges cellules, ou vaisseaux potentiels, qui, dans la plupart des Fougères à racine binaire, se différencient en gros vaisseaux scalariformes et ne forment, par conséquent, pas une moelle, comme Leclerc du Sablon l'admet.

La formation des tissus du cylindre central est nettement centrifuge, tandis que leur différenciation est centripète. Les premiers éléments conducteurs différenciés sont des tubes criblés dont l'origine péricyclique avait été déjà indiquée par Nægeli et par Chauveaud.

III. — Formation et développement des radicelles.

Les radicelles du *Ceratopteris* sont, comme celles de toutes les Fougères à racine binaire, disposées en deux rangées longitudinales opposées, en face des deux faisceaux ligneux. Il y a deux séries opposées de secteurs ou sextants prédestinés à la formation de ces faisceaux et des radicelles. Celles-ci naissent d'une cellule de l'endoderme à un niveau où cette assise ne présente pas encore ses plissements caractéristiques, mais est néanmoins facilement reconnaissable à sa situation par rapport aux cellules voisines.

Chaque sextant prédestiné produit une radicelle. Pour cela sa cellule endodermique primitive (fig. 25, *En*), qui occupe toute la hauteur du sextant, se divise transversalement en deux cellules superposées, *1* et *2*. La cellule supérieure se partage en une petite cellule, *1'*, et une cellule plus grande, *r*, qui est la *cellule rhizogène*. La cellule inférieure se cloisonne à son tour transversalement et donne les cellules *2'*. On a donc, à ce moment, dans chaque sextant une file longitudinale de quatre cellules dont la supérieure, *r*, donnera naissance à la radicelle. En même temps la cellule sus-

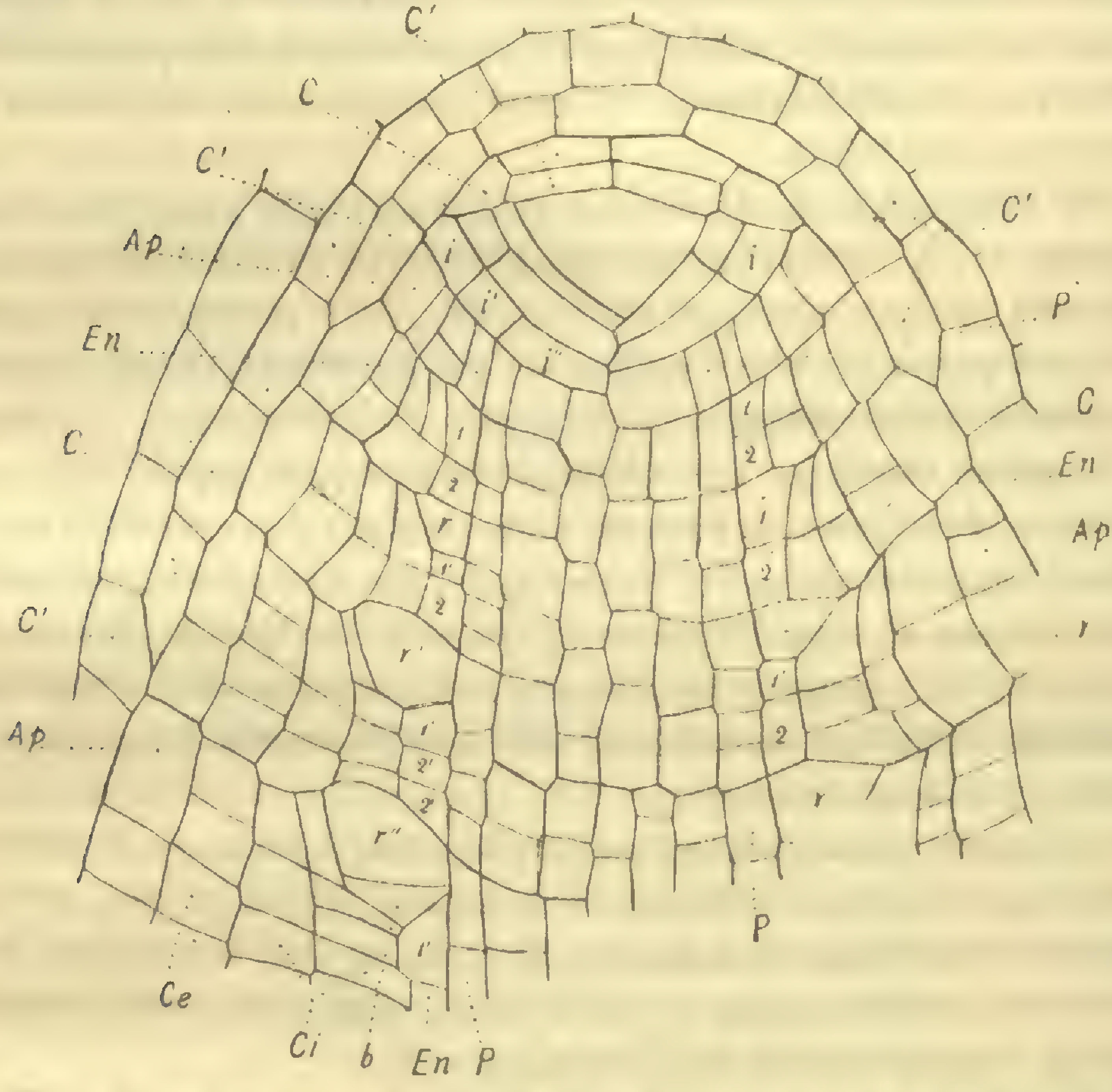


Fig. 25. — Coupe longitudinale d'une racine montrant l'origine de la cellule mère des radicelles, *r*, *r'*, *r''*. Dans cette figure et dans les suivantes les tissus de la racine sont indiqués par des majuscules, ceux des radicelles par des minuscules.

endodermique correspondante s'est divisée transversalement en deux étages qui se dédoublent par une cloison tangentielle, de telle sorte que, à ce stade, la cellule rhizogène est recouverte en dehors par quatre assises dont deux appartiennent à la zone corticale interne, *Ci*, tandis que les deux autres, *Ce* et *Ap*, forment la zone corticale externe et l'assise pilifère de la racine mère. Le péricycle s'est également divisé, dans chaque sextant, en quatre cellules superposées. Les cloisonnements transversaux de la cellule endodermique primitive, qui précèdent la formation de la cellule rhizogène, ont été mentionnés par Nægeli et Leitgeb dans *Adiantum Capillus Veneris* (l. c. p. 89 ; Pl. XVI, fig. 3) ; mais dans cette espèce, ils donnent seulement trois cellules superposées et c'est la cellule moyenne qui devient rhizogène. Ils existent également dans les *Marsilia* où, d'après Van Tieghem, chaque cellule endodermique primitive se divise en huit, donnant quatre cellules rhizogènes séparées par quatre cellules stériles.

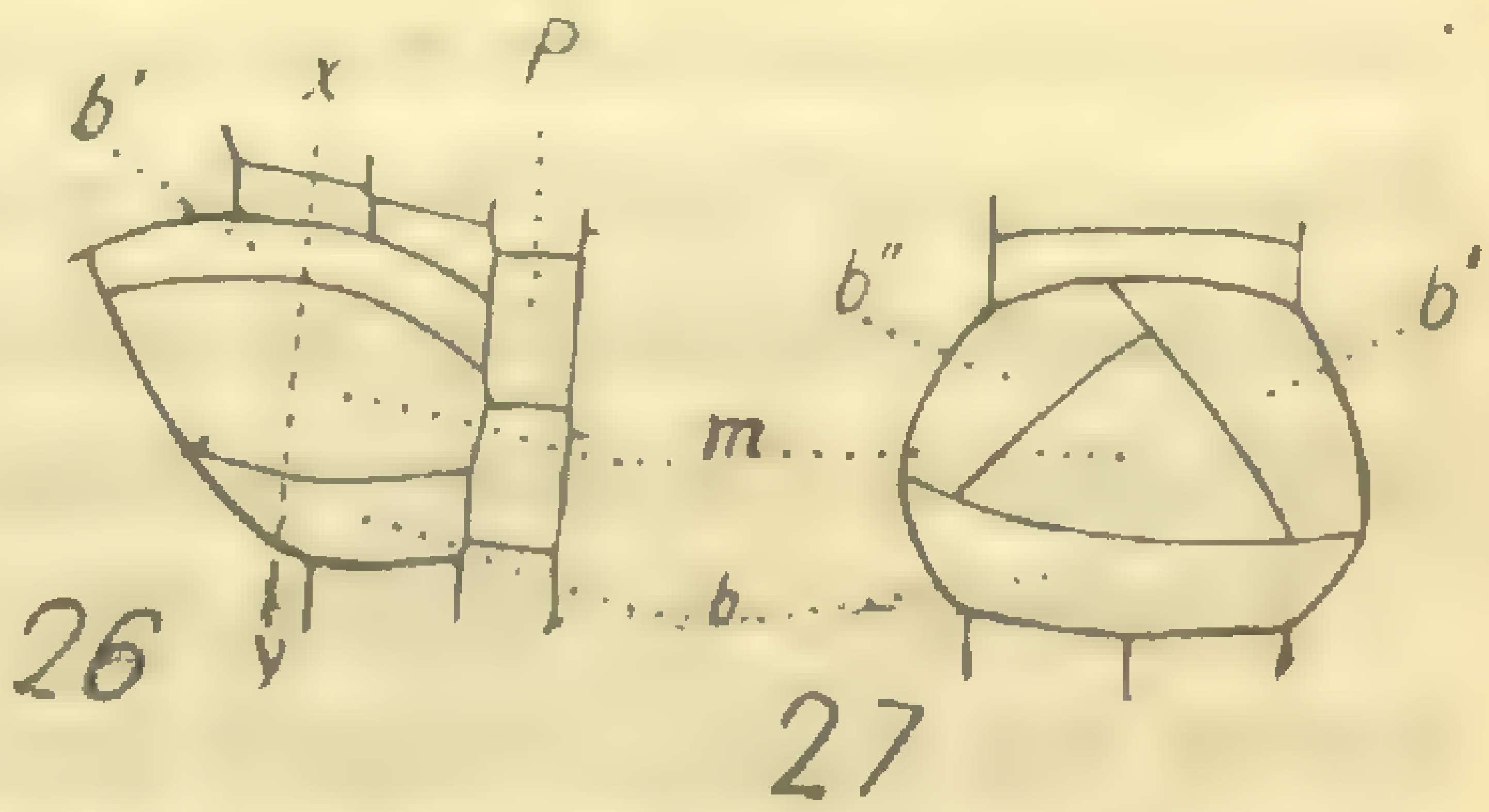


Fig. 26 et 27. — Formation des cellules basilaires, *b*, *b'*, *b''*, et de la cellule mère, *m*. La fig. 27 représente une coupe tangentielle, suivant *xy*, de la fig. 26.

Sur une coupe longitudinale axile de la racine on voit que les parois de la cellule rhizogène sont d'abord planes (fig. 22, *r*). Ses parois transversales sont inégales, la supérieure étant plus longue que l'inférieure ; il s'ensuit que la paroi externe qui les relie est oblique. La paroi interne est longitudinale. La cellule rhizogène grandit bientôt, et ses parois transversales se courbent légèrement en dehors (*r'*) en même temps que les cellules voisines s'allongent pour suivre sa croissance. La courbure des cloisons se produit également, et s'accentue même davantage, dans le sens tangentiel. La figure 27 le montre très nettement : la cellule rhizogène, sectionnée par une coupe tangentielle passant par l'endoderme de la racine, a la forme d'une lentille biconvexe à face supérieure fortement bombée. Elle a déjà formé les trois cellules basilaires, *b*, *b'*, *b''* et la cellule mère tétraétrique. *m*. La cellule basilaire formée en premier lieu est toujours tournée vers la base de la racine (fig. 25, 26 et 27, *b*), comme dans les autres Fougères.

Des coupes transversales de la racine montrent que la cellule rhizogène et la cellule péricyclique correspondante occupent toute la largeur du sextant, alors que les cellules homologues des sextants voisins, non rhizogènes, sont ordinairement déjà divisées par une cloison radiale (fig. 27 et 29).

Les deux cellules de la zone corticale interne qui recouvrent la cellule rhizogène se divisent également par une cloison radiale qui apparaît d'abord dans la cellule sus-endodermique, qui est indiquée par un petit cercle dans la fig. 29. Ordinairement il ne se forme pas de méat entre ces cellules et celles de l'assise corticale externe, ou, s'il s'en produit un, il demeure toujours très étroit, ainsi qu'on le voit dans la fig. 31, en dehors des cellules marquées d'une petite croix qui appartiennent à la zone corticale interne. Mais, de part et d'autre des cellules de cette zone, on voit apparaître les méats qui grandiront rapidement et donneront deux des six grandes lacunes corticales, *L*, du cercle externe.

Tandis que la cellule rhizogène s'accroît dans le sens radial, toutes les autres cellules endodermiques restent tabulaires. Elle prend un développement énorme par rapport à ces dernières (fig. 29, *r*). Sur des coupes transversales de la racine, elle se présente sous la forme d'un trapèze dont la grande base, qui se bombe bientôt fortement en dehors, correspond à deux cellules sus-endodermiques, et dont la petite base ou face interne, restant plane, repose sur une cellule péricyclique encore indivise. Ses faces latérales planes grandissent dans le sens radial en même temps que les cellules sus-endodermiques environnantes se cloisonnent tangentiellement (fig. 29, *Ci*).

Trois cloisons obliques successives, convergeant vers le centre de sa face interne, divisent la cellule rhizogène en trois cellules basilaires et une cellule mère tétraédrique (fig. 30, *b'*, *b''*, *m*). Celle-ci découpe d'abord, par une cloison plane ou courbe, une cellule externe, *c*, qui donnera la première calotte de la coiffe ; puis successivement, par des cloisons parallèles à ses faces latérales, une première série de segments cortico-stéliques ; ensuite une deuxième et une troisième série de semblables segments. C'est alors seulement qu'elle produit un nouveau segment externe pour la seconde calotte de la coiffe et ainsi de suite.

Le premier segment de coiffe se dédouble habituellement, dans

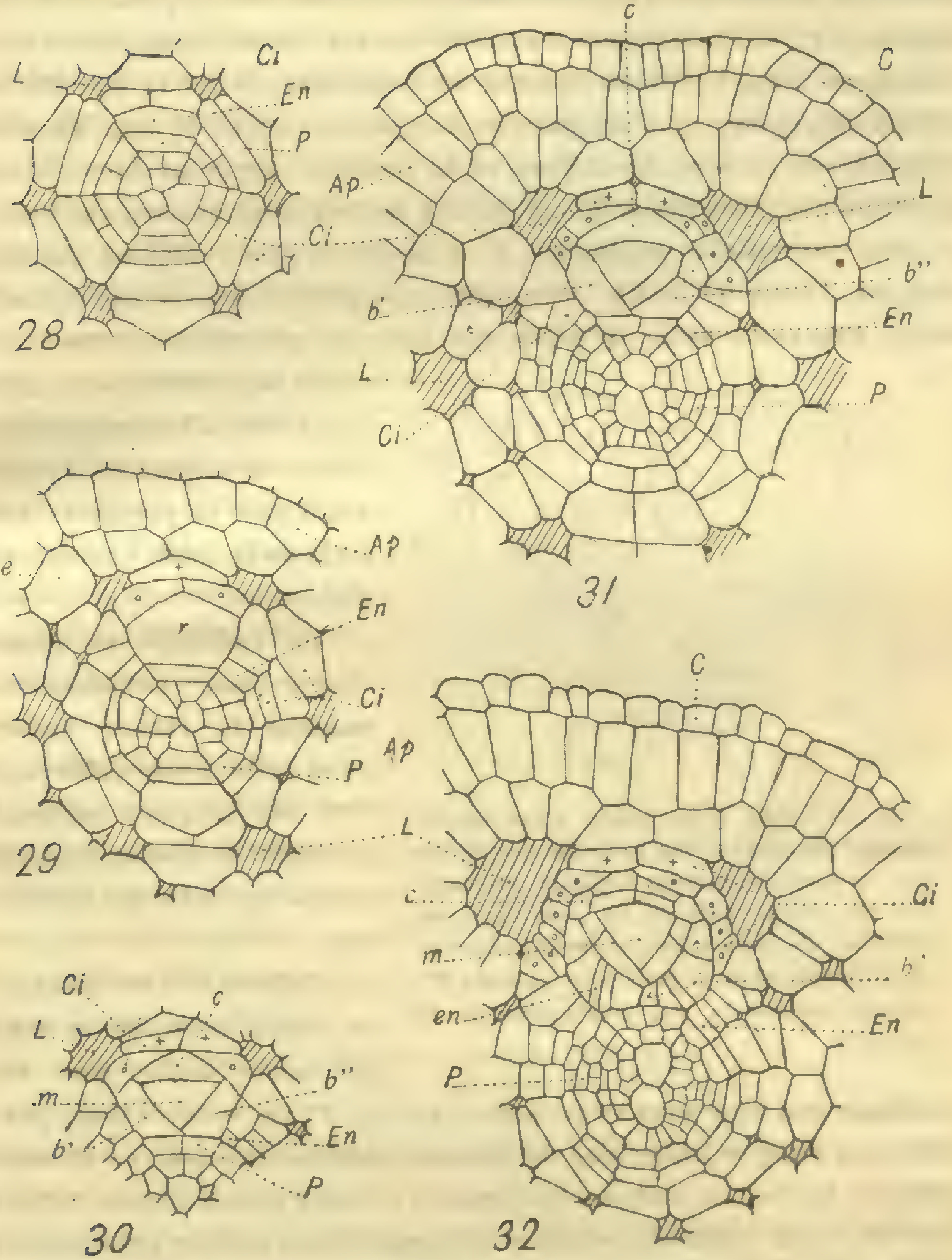

L
Ci
En
P
28
C
c
Ap
Ci
L
b''
b'
En
L
P
Ci
31
Ce
Ap
r
En
Ci
P
Ap
L
29
C
c
Ci
m
b'
en
En
P
32
Ci
c
L
m
b''
b'
En
P
30

Fig. 28 à 32. — Coupes transversales de la racine mère passant par des radicelles très jeunes. Les cellules de l'assise sus-endodermique et celle de l'antépénultième assise corticale, qui recouvrent en dehors la radicelle, sont marquées respectivement par un petit cercle et une petite croix. — *C*, coiffe ; *Ap*, assise pilifère ; *Ce*, assise corticale externe ; *Ci*, zone corticale interne ; *En*, endoderme ; *P*, péricycle ; *L*, lacunes de la racine mère. — *r*, cellule rhizogène ; *b'*, *b''*, cellules basilaires ; *c*, coiffe ; *m*, cellule mère tétraédrique ; *en*, endoderme de la radicelle.

sa région médiane, avant que les trois séries correspondantes de segments cortico-stéliques ne soient toutes constituées. Cette circonstance rend le dédoublement très évident. Dans la fig. 29, la cellule rhizogène, *r*, n'est pas encore divisée ; dans la fig. 30, elle a formé ses cellules basilaires et le premier segment de coiffe, *c*. La jeune radicelle de la fig. 31 a déjà un segment cortico-stélique. et l'une des cellules basilaires, *b*″, à droite, a pris la cloison médio-corticale ; celle de la fig. 32 possède, au-dessus des cellules basilaires, une seule série de segments avec la première calotte de la coiffe déjà dédoublée. Enfin, la fig. 33 montre trois séries de segments recouverts par la première calotte de la coiffe également dédoublée.

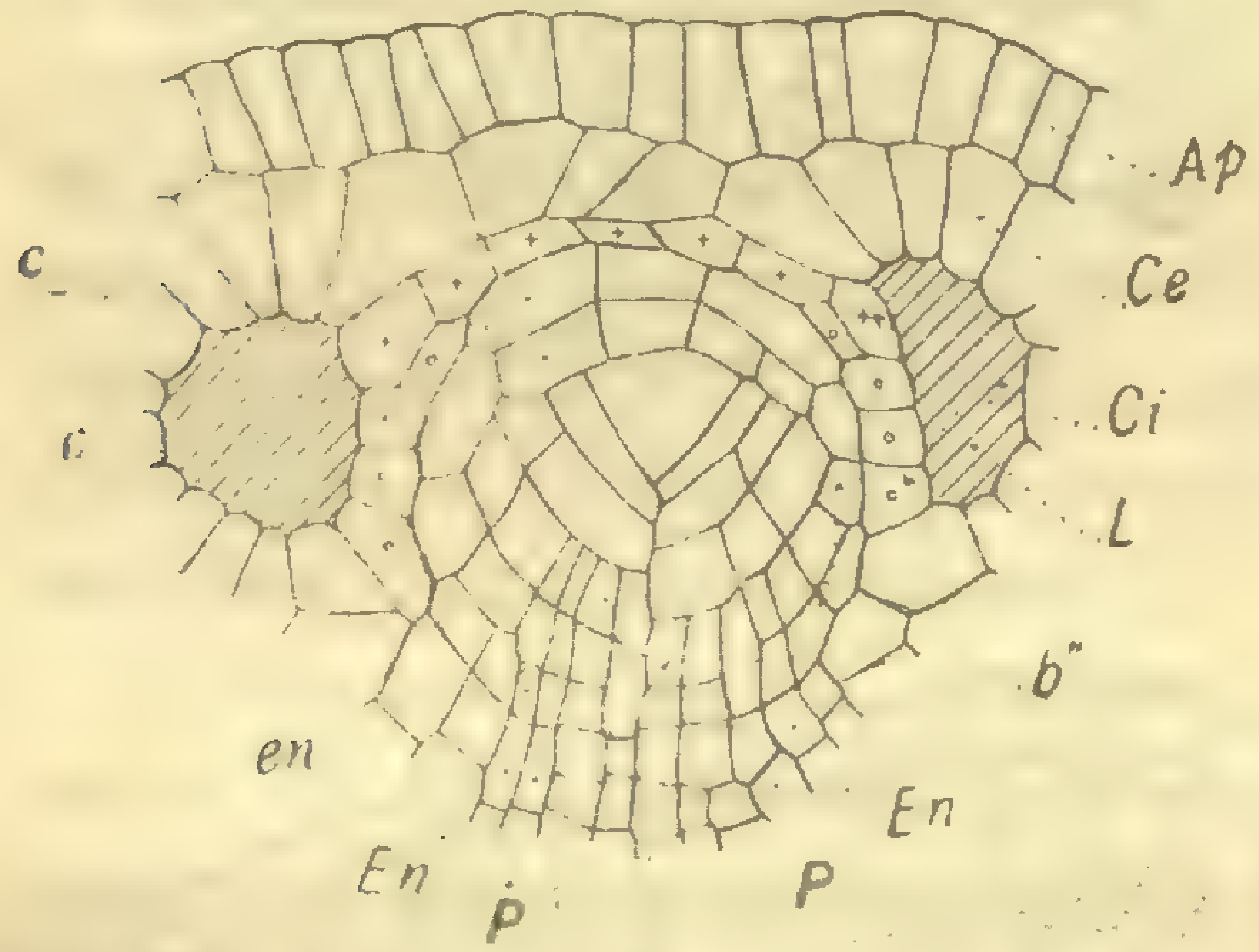


Fig. 33. — Coupe transversale d'une racine passant par l'axe d'une radicelle qui rejette sur ses flancs les racines corticales internes, *Ci*. *Ap*, assise pilifère ; *Ce*, zone corticale externe ; *Ci*, zone interne ; *En*, endoderme ; *P*, péricycle de la racine. — *cc′*, coiffe ; *b*″, cellule basilaire ; *en*, endoderme de la radicelle.

La radicelle se développe par conséquent comme la racine mère, avec cette seule différence que son premier segment de coiffe se forme aussitôt après les cellules basilaires.

Celles-ci se divisent de la même manière et dans le même ordre que les segments qui leur sont superposés. La fig. 32 les montre déjà partagées en cinq cellules par la cloison médio-corticale, la cloison stélique, la cloison endodermique et la cloison péricyclique ; tandis que les deux segments cortico-stéliques n'ont encore pris que la cloison médio-corticale. La fig. 33 les représente déjà partiellement cloisonnées en deux étages. Le péricycle, *P*, de la racine mère, au contraire, ne se modifie pas ; tout au plus parfois ses cellules s'allongent un peu radialement. Il n'y a donc pas de pédicule péricyclique. Par contre, le disque basilaire se divise finalement en plusieurs étages et pousse la jeune radicelle à travers l'écorce de la racine mère.

La sortie de la radicelle n'a pas lieu comme dans les espèces que

Van Tieghem et Douliot ont étudiées. Il n'y a pas de poche digestive formée aux dépens de la racine mère, et la radicelle elle-même n'exerce aucune action digestive sur les assises corticales qui la recouvrent. Nous avons vu que, à l'origine, la cellule rhizogène était recouverte par quatre assises corticales dont deux appartiennent à la zone interne et les deux autres à la zone externe et à l'assise pilifère (fig. 25, 28, 31 et 32). L'assise sus-endodermique, *Ci*, sépare la cellule rhizogène des deux lacunes voisines en voie de formation à la limite des deux zones corticales. Elle se cloisonne radialement par rapport à la radicelle, en restant simple. Bientôt sa région médiane est graduellement traversée et refoulée sur les côtés (fig. 31 et 32, *Ci*). Puis l'antépénultième assise corticale se comporte de même (fig. 33). Ces deux assises séparent les flancs de la radicelle des lacunes, *L*, du cercle externe qui, en même temps, se sont agrandies. En regard du sommet de la jeune radicelle, la lacune, *L'*, ne se forme pas (fig. 29 et 32), ou bien n'est représentée que par un petit méat quadrangulaire (fig. 31).

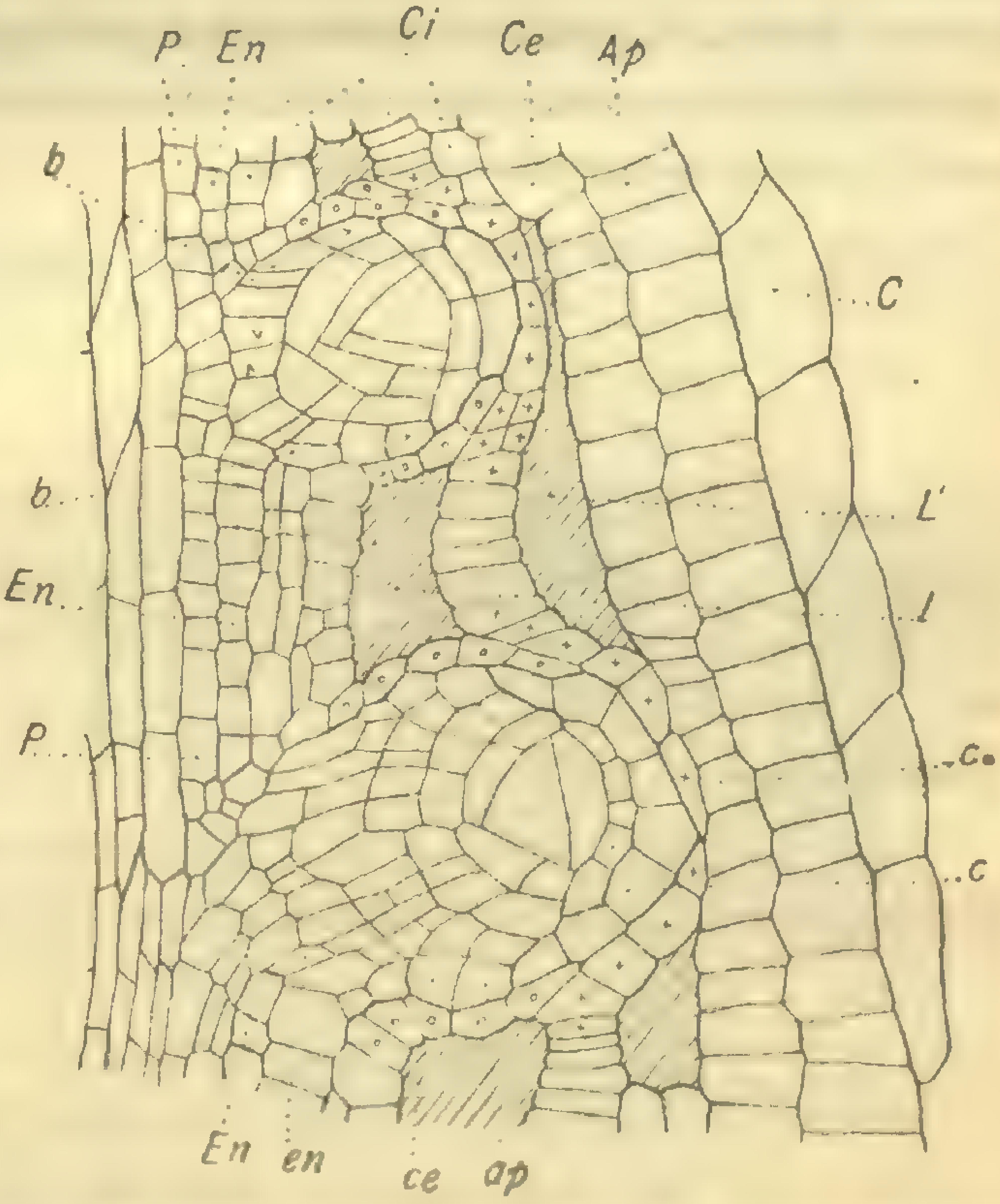


Fig. 34. — Section longitudinale d'une racine avec deux radicelles refoulant les deux assises corticales, *Ci*, qui les recouvraient à l'origine. *L'*, lacunes externes ; *l*, lacunes internes.

La multiplication et le refoulement des cellules des deux assises corticales internes de la racine se voient sur les coupes longitudinales (fig. 34) mieux encore que sur les coupes transversales. Ces coupes montrent, de plus; au-dessus et au-dessous de la radicelle, le développement des lacunes corticales externes et internes, *L'*, et *l*, qui alternent avec les lacunes *L*, du cercle externe visibles sur les coupes transversales. Très rarement la lacune externe, *L'*, se prolonge en un méat étroit en regard du sommet de la radicelle, ainsi qu'on le voit dans la fig. 34. En somme, la radicelle traverse les lacunes corticales de la racine mère, mais elle en est toujours séparée par les cellules sus-endodermiques et par les cellules de l'antépénultième assise multipliées et refoulées sur ses flancs. L'assise corticale externe (fig. 35, *Ce*) est à son tour repoussée de la même façon et finalement l'assise pilifère se rompt pour livrer passage à la radicelle.

La fig. 35 est très instructive. Elle représente une radicelle en coupe longitudinale axile à un niveau où la coiffe, *C*, de la racine mère commence à se détacher. Cette radicelle a deux calottes de coiffe dont la plus âgée a dédoublé sa région médiane, *c'*, et appuie son bord, *c*, demeuré simple, sur des cellules de l'assise pilifère, *ap*, dérivées des cellules basilaires. Celles-ci sont divisées en plusieurs étages et il s'est déjà formé des lacunes, *l''*, à la limite de la zone corticale externe et de la zone interne représentée par une seule assise sus-endodermique.

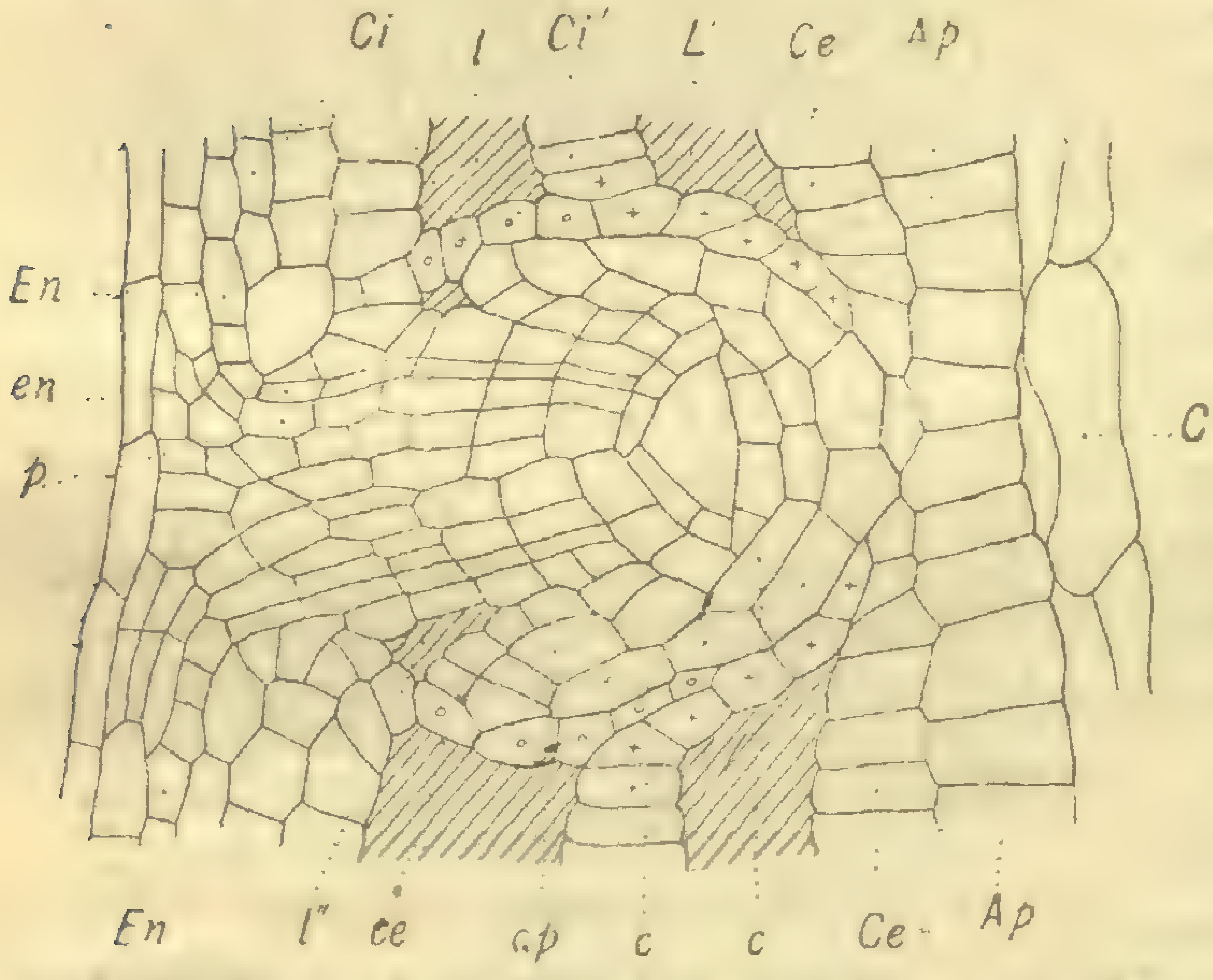


Fig. 35. — Coupe longitudinale d'une racine et d'une radicelle. *l''*, lacune de la radicelle.

La fig. 36 représente une coupe longitudinale axile d'une radicelle plus avancée, mais encore incluse dans l'écorce de la racine mère coupée transversalement. Elle est intéressante par la présence de deux cellules mères de radicelles secondaires, *r'* et *m'*, qui se sont formées dans l'endoderme de la région issue des cellules basilaires. La position de ces cellules rhizogènes démontre que le plan des faisceaux ligneux de la radicelle primaire est perpendiculaire à celui des faisceaux ligneux de la racine mère.

Cette formation de radicelles secondaires tout à fait à la base d'une radicelle primaire est probablement très rare. Je ne l'ai vue qu'une seule fois, notamment dans la préparation qui est figurée ci-dessus. Si de semblables radicelles se développaient, elles s'engageraient dans les lacunes corticales de la racine mère qui sont assez vastes pour les loger sans gêner leur croissance.

Poirault (1) a décrit des radicelles intra-lacunaires dans le *Ceratopteris*; mais je doute que ses observations soient exactes, car elles se rapportent à des radicelles primaires. Celles-ci se développent, en général, rapidement et traversent alors à peu près perpendiculairement l'écorce de la racine mère, ainsi que le montrent plusieurs des figures que nous publions; mais parfois elles se développent lentement et, dans ce cas, leur extrémité est entraînée vers le sommet de la racine, par suite de la croissance inégale des différentes assises corticales, qu'elles traversent alors plus ou moins obliquement ; le niveau où elles sortent peut se trouver bien au-dessus de l'insertion de leur base sur le cylindre central de la racine mère. D'après Poirault, ces radicelles obliques ne sortiraient parfois pas au dehors : « Après avoir traversé l'écorce interne, dit-il, elles arrivent dans des lacunes creusées dans l'écorce

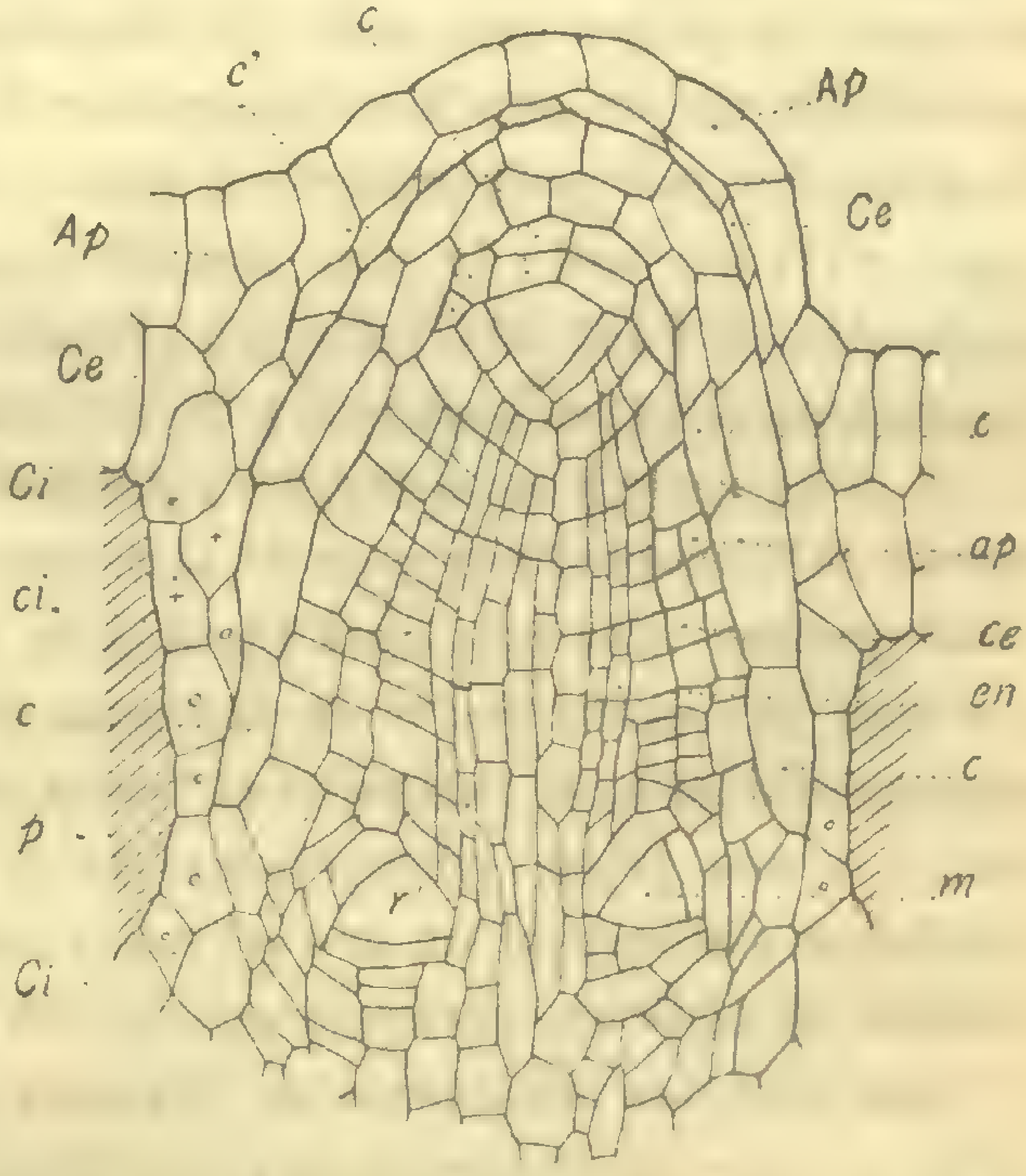


Fig. 36. — Coupe longitudinale d'une radicelle incluse dans l'écorce de la racine sectionnée transversalement. *r'* et *m'*, cellules mères d radicelles secondaires.

---

(1) Poirault : *Recherches anatomiques sur les Cryptogames vasculaires* (Annales des sc. natur., 7e série, t. XVIII, 1894).

externe et, trouvant là des conditions favorables à leur développement, descendent directement dans la lacune où elles demeurent incluses, produisant à leur surface des ébauches de poils radicaux. Ces racines intra-corticales ne sont pas rares et souvent la même coupe en montre deux opposées aux extrémités d'un même diamètre » (l. c. p. 120). La fig. 1, p. 121, que Poirault donne à l'appui de son assertion n'est pas démonstrative. Il n'a pas vu que la radicelle qui n'a plus qu'à traverser les deux assises superficielles de la racine, n'est, en réalité, pas engagée dans les lacunes corticales, mais en est séparée par les assises de la zone interne qui engaînent sa base. Ce qu'il a pris pour des ébauches de poils radicaux, c'est probablement des papilles formées par la paroi libre de ces cellules engaînantes qui peut proéminer plus ou moins dans les lacunes. Quoi qu'il en soit, je n'ai jamais observé de radicelles intra-corticales, et Ford dit « qu'il n'a jamais trouvé de radicelles intra-lacunaires dans les matériaux qu'il a examinés » (l. c. p. 110).

Il nous reste à montrer les relations qui s'établissent entre les tissus de la radicelle et ceux de la racine mère. Nous avons dit plus haut que les deux faisceaux ligneux de la radicelle sont situés dans un plan perpendiculaire au faisceau d'insertion. Le raccord des tissus conducteurs, vaisseaux et tubes criblés, a lieu par l'intermédiaire d'une plage péricyclique de la racine dont les cellules médianes s'allongent un peu suivant l'axe de la radicelle ; mais sans former de pédicule péricyclique (fig. 35 et 37).

Les cellules basilaires se divisent rapidement, de la même manière que les segments cortico-stéliques, en trois initiales. Dans la fig. 32, p. 31, les initiales internes, qui reposent sur la plage péricyclique de la racine mère, ont découpé le péricycle, et les initiales moyennes ont produit l'endoderme qui se raccorde avec leurs homologues de la racine. La cellule sus-endodermique correspond à deux ou trois assises de la zone corticale interne. Quant aux initiales externes. elles ne sont pas encore divisées et s'appuient sur les cellules qui séparent la jeune radicelle des lacunes voisines. Mais de très bonne heure il s'y produit une cloison tangentielle (fig. 34), qui sépare l'assise corticale externe, *ce*, et l'assise pilifère, *ap* ; de plus, le bord non dédoublé de la coiffe *c*, est bien distinct. Dès la base de la radicelle, le méristème de ses différentes régions est par conséquent, représenté par ses éléments essentiels et l'on n'y trouve pas cette zone neutre à laquelle Van Tieghem a donné le nom d'*épistèle* et dans laquelle ni l'écorce ni la coiffe ne sont séparées.

La zone basilaire s'allonge en se divisant par des cloisons transversales par rapport à l'axe de la radicelle. Dans la fig. 33, p. 33, elle a deux étages dans presque toute son étendue ; dans la fig. 35, ses divisions transversales se sont multipliées et l'on voit apparaître, à la limite des deux zones corticales, les lacunes, *l''*, qui appartiennent au disque basilaire, puisqu'elles sont situées au-dessous des cloisons primitives des cellules basilaires, cloisons qui s'appuient sur les cellules marginales, *c*, de la première calotte de la coiffe. Les limites du disque basilaire deviennent moins nettes, aux stades ultérieurs ; mais la relation de ses cloisons primitives avec les cellules marginales de la coiffe permet toujours de les déterminer approximativement. La fig. 37 représente la base d'une radicelle dont l'extrémité vient de sortir de la racine mère. Cette radicelle est séparée des lacunes *l* et *L'* de la racine par les cellules *Ci'*, refoulées sur ses flancs. A ce stade, l'endoderme des deux organes est différencié et reconnaissable à ses plissements. Celui de la racine, *En*, est recouvert par trois assises corticales, *Ci* : il se raccorde directement avec celui de la radicelle, *en*. La zone corticale interne de celle-ci est formée par deux assises qui limitent en dedans les lacunes *l''*. Celle-ci se prolongent au-dessus du disque basilaire et sont séparées de la coiffe par l'assise unique de la zone corticale externe, *ce*, et par l'assise pilifère, *ap*.

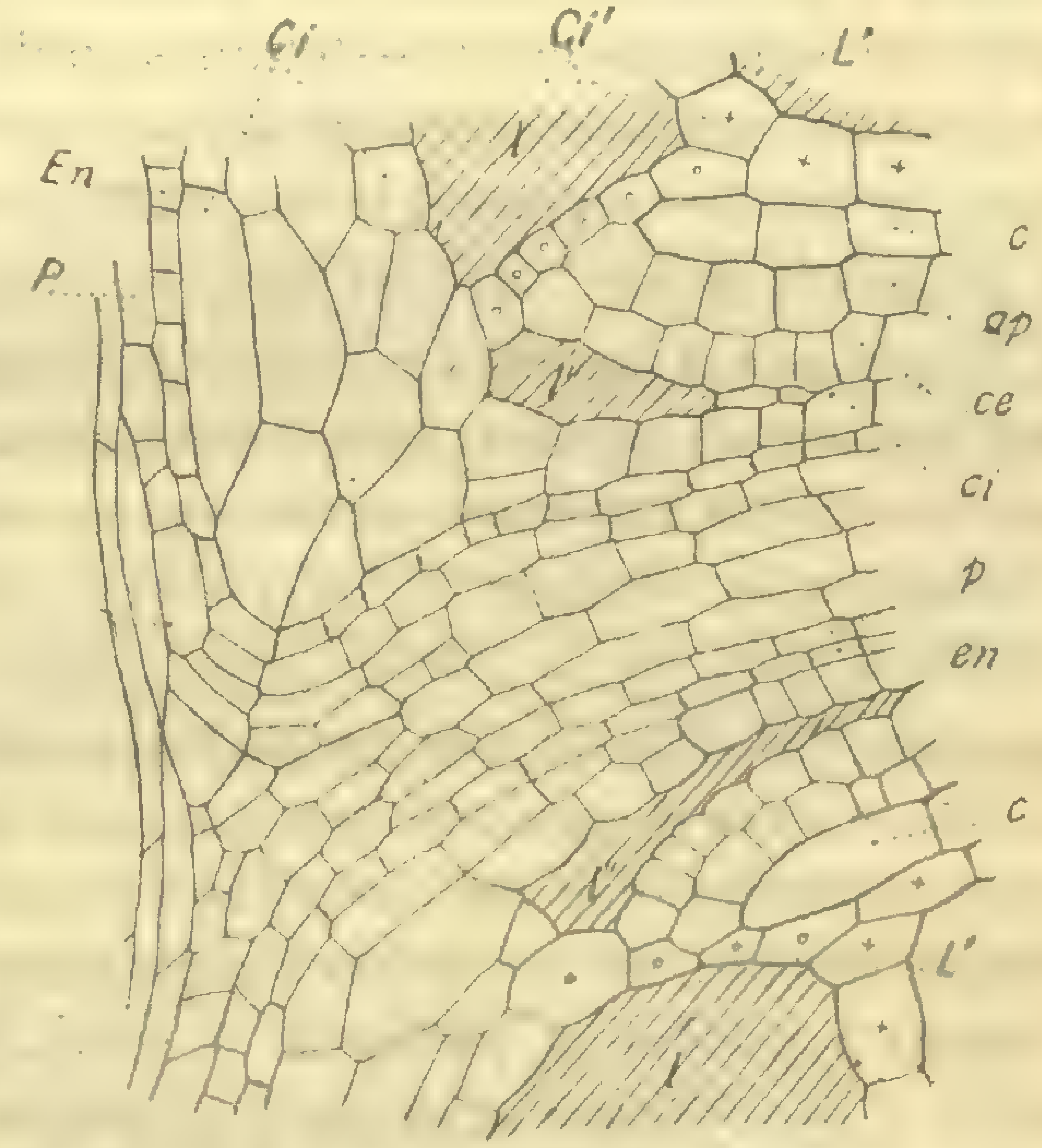


Fig. 37. — Coupe longitudinale d'une racine passant par la base d'une radicelle dont l'extrémité vient de sortir de la racine mère.

L'étude des radicelles du *Ceratopteris* nous a donné les résultats suivants : elles sont disposées en deux rangées diamétralement opposées et produites par deux séries de sextants prédestinés à leur formation et à celle des faisceaux ligneux.

Chacun de ces sextants divise sa cellule endodermique primitive en quatre cellules superposées dont la supérieure devient rhizogène et forme rapidement, par trois cloisons obliques convergeant vers le centre de sa face interne, trois cellules basilaires et une cellule mère tétraédrique, qui sépare aussitôt le premier segment de coiffe de la radicelle. Le développement ultérieur de celle-ci a lieu comme celui de la racine, par des groupes de trois séries de segments cortico-stéliques, puis un segment de coiffe.

Les trois cellules basilaires se cloisonnent d'abord tangentiellement comme les segments cortico-stéliques, puis transversalement en plusieurs étages, formant ainsi un disque qui pousse le sommet de la radicelle à travers les assises corticales de la racine. Celles-ci sont écartées et rejetées, sans être digérées, sur les flancs de la radicelle dont elles suivent la croissance en multipliant leurs cellules. Finalement le sommet de la radicelle devient libre en perçant l'assise pilifère de la racine mère. Nous n'avons jamais rencontré les radicelles intra-lacunaires signalées par Poirault.

Dès sa base la radicelle possède son assise pilifère et ses deux zones corticales bien distinctes : il n'y a par conséquent pas d'épistèle. Le raccord de ses tissus conducteurs avec ceux de la racine s'établit à travers le péricycle de celle-ci, sans production d'un pédicule péricyclique analogue à celui que Van Tieghem et Douliot ont signalé dans d'autres espèces.

REVUE DES TRAVAUX

SUR LES CHAMPIGNONS

PHYCOMYCÈTES ET BASIDIOMYCÈTES

parus de 1898 à 1906 (*Fin*)

Les faits intéressants signalés par Blackman ont été mis en doute par Dangeard (1), mais, tout récemment, Christman (2) les a confirmés par l'étude du *Caeoma nitens* et du *Phragmidium speciosum.* Ici encore, le synkaryon résulte de la fusion de deux noyaux situés primitivement dans deux cellules distinctes du tissu qui va donner naissance aux rangées d'écidiospores binucléées. Le mode de fusion est seulement un peu différent. Au lieu qu'un noyau d'une cellule stérile fuse à travers la membrane de la cellule destinée à devenir fertile, on voit deux cellules voisines de même valeur morphologique et de même développement entrer largement en communication par leur partie supérieure et mélanger leurs protoplasmes. Les noyaux uniques qu'elles contiennent se rapprochent (fig. 25 à 30). A partir de ce moment, ils seront associés, quoique distincts, comme les deux parties d'un synkaryon et subiront ensemble les divisions successives donnant naissance aux écidiospores et à la série des cellules qui aboutissent à la téleutospore.

L'auteur n'hésite pas à accepter les vues de Blackman. Pour lui les deux cellules équivalentes qui entrent en communication ont la valeur de gamètes et l'écidie est un sore d'organes reproducteurs. Contrairement à Dangeard, il pense que la fusion subséquente des noyaux dans la téleutospore est un phénomène de réduction chromatique et non pas, comme le voudrait d'autre part Raciborski, la fin de l'acte sexuel dont le début serait la fusion des cellules à la base de l'écidie.

Si maintenant nous voulons résumer en quelques mots l'ensemble des travaux que nous venons d'exposer, nous constatons que les Basidiomycètes (pris au sens large) se présentent comme un groupe où l'évolution nucléaire est remarquablement homogène. Pendant une partie de la vie individuelle du Champignon (de la base de l'écidie à la téleutospore jeune pour les Urédinées, de la formation des filaments associés à la baside jeune pour les Basidiomycètes proprement dits) l'élément nucléaire ou synkaryon est formé d'une association de deux noyaux qui se divisent simultanément, chaque noyau étant formé de deux chromosomes suivant Dangeard, Sappin-Trouffy et Maire, de deux groupes de chromosomes fusionnés suivant Blackman. Dans la téleutospore et dans la baside jeune les deux noyaux se soudent en un seul présentant seulement deux chromosomes ou deux masses chromatiques. Cet état uninucléé persiste jusqu'à la reconstitution d'un nouveau synkaryon. Dans les Urédinées, ce synkaryon résulte du rapprochement dans une même cellule écidiale jeune de deux noyaux simples provenant de deux cellules uninucléées distinctes. Dans les Basidiomycètes, l'origine du synkaryon, beaucoup moins nette, proviendrait d'après Maire, d'une mitose ordinaire non suivie de cloisonnement et se produirait à un stade mal déterminé de la vie du Champignon.

---

(1) Dangeard : *Recherches sur le développement du périthèce chez les Ascomycètes* (Le Botaniste, 20 Déc. 1904).

(2) A. H. Christman : *Sexual reproduction in the Rust.* (Bot. Gaz. XXXIX, Avril 1905, 1 pl.).

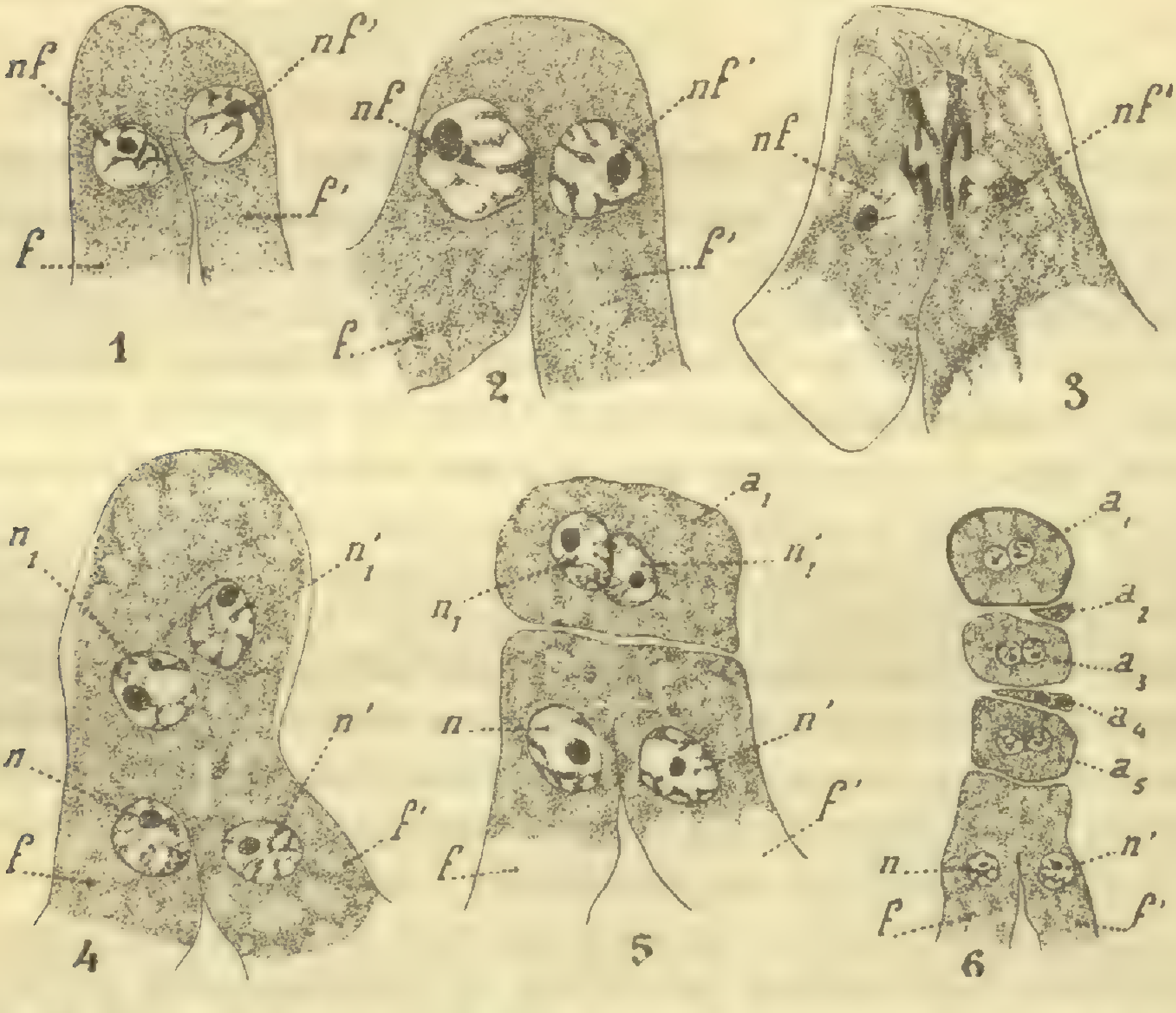


Fig. 25 à 30. — Différents stades de la fusion des cellules de l'écidie et formation d'un synkaryon dans les écidiospores (D'après Christman).

Si les auteurs sont d'accord sur les faits, il n'en est plus de même pour l'interprétation qu'ils en donnent. Pour Dangeard et Sappin-Trouffy, la fusion nucléaire, remarquablement constante qui a lieu dans la baside ou la téleutospore jeune serait l'indice d'une véritable fécondation sexuelle analogue à celle des plantes supérieures et serait immédiatement suivie d'une réduction chromatique. La cellule uninucléée qui en résulte serait un véritable œuf. Pour Maire les Basidiomycètes n'auraient pas de véritable fécondation sexuée. La fusion des deux noyaux du synkaryon serait simplement comparable aux phénomènes de réduction chromatique des cellules-mères du grain de pollen ou du sac embryonnaire. Il y aurait mixie. C'est en somme à cette théorie que se rattachent les opinions de Blackman et de Christman, seulement, pour eux, outre la réduction chromatique ou mixie, les Urédinées, tout au moins, auraient une véritable fécondation qu'ils placent à la base de l'écidie au moment où se constitue le synkaryon. Pour Blackman même cette fécondation ne serait qu'un mode réduit d'une fécondation typique, actuellement disparue, qui s'effectuait entre les cellules de base des files d'écidiospores et les spermaties auxquelles il attribue dans le passé un rôle sexuel actif. Dans les Basidiomycètes, la simplification du processus sexuel serait encore plus profonde et ils présenteraient une véritable apogamie.

I. Gallaud.

TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

Pages

Remarques sur l'appareil sécréteur du fruit des Ombellifères à propos d'un fruit anormal de Fenouil (avec deux figures dans le texte), par M. Maurice Thouvenin . . . 5

Recherches sur la respiration de la fleur aux différents stades de son développement, par M. A. Maige . . . 8

Recherches sur la naissance des feuilles et sur l'origine foliaire de la tige (avec quarante deux figures dans le texte et planche 7) par M. Léon Flot (suite). . . . .

Deuxième partie. — Mode de constitution de la tige.

Étude de quelques types de structure.

Vicia sativa (suite) 29, 70
Hedera Helix. 87, 116
Aristolochia Clematitis. 117

Plantes à feuilles alternes.

Betula alba 169
Quercus pedunculata 179

Conclusions relatives au mode de constitution de la tige 182
Conclusions générales 186
Explication des planches 189

Contribution à la biologie des plantes Phanérogames parasites (avec treize figures dans le texte), par M. A. Fraysse 49

Influence de la lumière sur le développement des fruits d'*Acer pseudoplatanus*, par M. W. Lubimenko. . . . 97

De l'influence des nectaires et des autres tissus contenant du sucre sur la déhiscence des anthères, par M. W. Burck. 104

Les cécidies de *Rhopalomyia tanaceticola*, par M. Aug. Daguillon. 112

Les facteurs de la structure chez les végétaux, par M. J. Laurent 130

Pages

Sur deux Burséracées indo-chinoises (avec deux planches, Pl. 11 et 12), par M. A. Guillaumin 161

Le Guinsi et le Cram Cram, par M. Marcel Dubard. . . 167

Observations sur l'appareil respiratoire des organes souterrains des palmiers (avec treize figures dans le texte), par M. G. L. Gatin 193

Respiration anaérobie des graines en germination (avec deux figures dans le texte) par M^lle^ N. Junitsky 208

Anatomie du *Geum rivale* à prolifération centrale (avec cinq figures dans le texte), par M. René Viguier. 221

Germinations tératologiques de grains de pollen (avec quarante-trois figures dans le texte), par M. H. Coupin . . 226

Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs (avec cinq planches, Pl. 8, 9, 10 et 13, et cinquante-deux figures dans le texte) par M. M. Molliard

Introduction 241

Chapitre I. — Technique. 243

Chapitre II. — *Raphanus sativus* 246

Chapitre III. — *Allium Cepa*. 357

Chapitre IV. — *Ipomæa purpurea* 363

Chapitre V. — *Nasturtium officinale* 375

Chapitre VI. — Conclusions. 381

Table des matières détaillée. 388

Introduction à l'étude des Sapotacées, par M. Marcel Dubard 292

Sur la structure du rhizome de l'*Artemisia vulgaris* et ses rapports avec l'évolution de la plante (avec une figure dans le texte), par M. André Dauphiné. 296

Recherches anatomiques sur les hydathodes des Lobéliacées, nouveau type de stomates aquifères (avec planche 14), par M. Tswett 305

De l'influence des courants galvaniques faibles sur l'endosmose chez les végétaux (avec une planche, Pl. 6), par M. Maurice Thouvenin 317

Quelques expériences sur le *Solanum Commersoni*, par M. L. Dufour. 353

Pages

Recherches cytologiques sur le développement des cellules-mères du pollen chez les Nymphéacées (avec Pl. 1 à 5), par MM. W. **Lubimenko** et A. **Maige** . . . .

Introduction 401

Exposé des recherches.

Première cinèse 404

1° Prosynapsis 404

2° Synapsis 408

3° Spirème 413

4° Formation des chromosomes 417

5° Formation du fuseau 421

6° Métaphase 433

7° Télophase. 439

Deuxième cinèse. 444

Tétrades. Développement des grains de pollen. . 451

Troisième cinèse. 474

Examen et comparaison des résultats des mesures. 487

Résumé général des résultats 496

Explication des planches 502

Sur les réserves Hydrocarbonées du Mahonia et du Laurier-Tin (avec deux figures dans le texte), par M. **Leclerc du Sablon**. 465

Sur la comparaison des Muscinées et des Cryptogames vasculaires (avec 19 figures dans le texte) par M. **Gaston Bonnier** 513

Notice biographique sur P. **Lachmann**, par L. **Vidal** . . 522

Origine et développement des racines et des radicelles du *Ceratopteris thalictroides* (avec 37 figures dans le texte), par P. **Lachmann**. 523

TABLE DES REVUES

DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Pages

Revue des travaux d'anatomie parus de 1897 à 1902 (avec figures dans le texte), par M. H. Ricôme).

III. Structure générale du corps (*suite*).

Vaisseaux et tubes criblés surnuméraires.

Liber interne 42
Tige 45, 91
Feuille 125, 230
Fleur 233
Anatomie générale 236, 300

Revue des travaux sur les Champignons Phycomycètes et Basidiomycètes parus de 1898 à 1906, par M. I. Gallaud.

Les phénomènes de sexualité d'après les travaux récents 302

I. Phycomycètes.

Chytridinées 303, 350
Saprolégniées 351, 392
Péronosporées 396
Mucorinées 426
Entomophthorées 432, 459

II. Basidiomycètes 461, 506, 557

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS LE TOME DIX-NEUVIÈME

Planche 1. *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Cellules-mères des grains de pollen avec noyau en voie de division.

Planche 2. *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Cellules-mères des grains de pollen avec noyau en voie de division (1re cinèse).

Planche 3. *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Cellules-mères des grains de pollen avec noyau en voie de division (1re et 2me cinèse).

Planche 4. *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Tétrades. Développement des grains de pollen.

Planche 5. *Nymphæa alba* et *Nuphar luteum* : Grains de pollen avec noyau en voie de division (3me cinèse).

Planche 6. Dispositif destiné à montrer l'influence des courants galvaniques sur les végétaux fanés.

Planche 7. *Betula alba.* — *Hedera Helix.*

Planches 8 et 9. *Raphanus sativus.*

Planche 10. *Ipomæa purpurea.*

Planche 11. *Bursera tonkinensis* nov. sp.

Planche 12. *Garuga Pierrei* nov. sp.

Planche 13. *Raphanus sativus.* — *Ipomæa purpurea.*

Planche 14. Hydathodes des Lobéliacées.

TABLE DES ARTICLES ET DES REVUES

PAR NOMS D'AUTEURS

Pages

Bonnier (Gaston). Sur la comparaison des Muscinées et des Cryptogames vasculaires 513

Burck (W.). De l'influence des nectaires et des autres tissus contenant du sucre sur la déhiscence des anthères . . 104

Coupin (H.). Germinations tératologiques de grains de pollen (avec 43 figures dans le texte) 226

Daguillon (Aug.). Les Cécidies de *Rhopalomyia tanaceticola*. 112

Dauphiné (André). Sur la structure du rhizome de l'*Artemisia vulgaris* et ses rapports avec l'évolution de la plante 296

Dubard (Marcel). Le Guinsi et le Cram Cram 167

— Introduction à l'étude des Sapotacées. . 292

Dufour (L.). Quelques expériences sur le *Solanum Commersoni* 353

Flot (L.). Recherches sur la naissance des feuilles et sur l'origine foliaire de la tige 29, 70, 116, 169

Fraysse (A.). Contribution à la biologie des plantes Phanérogames parasites 49

Gallaud (I.). Revue des travaux sur les Champignons Phycomycètes et Oomycètes parus de 1898 à 1906. . 302, 350, 392, 426, 459, 557

Gatin (C. L.). Observations sur l'appareil respiratoire des Organes souterrains des palmiers 193

Guillaumin (A.). Sur deux Burséracées Indo-Chinoises . . 161

Junitsky (M^lle N.). Respiration anaérobie des graines en germination 208

Pages

Lachmann (P.). Origine et développement des racines et des radicelles du *Ceratopteris thalictroides* 523

Laurent (J.). Les facteurs de la structure chez les végétaux. 130

Leclerc du Sablon (M.). Sur les réserves hydrocarbonées du Mahonia et du Laurier-Tin 465

Lubimenko (W.). Influence de la lumière sur le développement des fruits d'*Acer pseudoplatanus* 97

Lubimenko (W.) et Maige (A.). Recherches cytologiques sur le développement des cellules-mères du pollen chez les Nymphéacées. 401, 433, 474

Maige (A.) voyez Lubimenko.

Molliard (M.). Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs. . 242, 329, 357

Ricôme (H). Revue des travaux d'anatomie parus de 1897 à 1902 (*suite*) 42, 91, 125, 230, 300

Thouvenin (M.). Remarques sur l'appareil sécréteur du fruit des Ombellifères à propos d'un fruit anormal de Fenouil 5

— De l'influence des courants galvaniques faibles sur l'endosmose chez les végétaux. 317

Tswett. Recherches anatomiques sur les hydathodes des Lobéliacées, nouveau type de stomates aquifères . . . 305

Vidal (L). Notice biographique sur P. Lachmann 522

Viguier (René). Anatomie du *Geum rivale* à prolifération centrale 221

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS D'AUTEURS DONT LES TRAVAUX ONT ÉTÉ ANALYSÉS DANS LES REVUES DES TRAVAUX FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Explication des abréviations : (*a*) Revue des travaux d'anatomie; (*c*) Revue des travaux sur les champignons.

Pages

A

Areschoug (*a*) 236

B

Baranetzky (*a*) 43, 46
Baraniecki (*a*) 45
Barsickow (*a*) 47
Bayer (*a*). 300
Beille (*a*) 235
Berlese (*c*) 397
Bertrand et Cornaille (*a*) . . 240
Blackman (*c*). 509, 512
Blakeslee (*c*) 427
Boergesen et Ove Paulsen (*a*). 236
Boodle (*a*). 301
Bouygues (*a*). 125
Brefeld (*c*). 431
Brenner (*a*) 237, 300
Briquet (*a*) 127

C

Chatin Ad. (*a*) 126
Chauveaud (*a*) 42
Chodat et Lendner (*a*). . . . 235
Christman (*c*) 557
Col (*a*). 44
Cornaille et Bertrand (*a*) . . 240

D

Dangeard (*c*). 304, 350, 464, 512, 557

Pages

Daguillon (*a*). 230
Dauphin (*c*) 429
Davis (*c*) 392, 394, 399
De Candolle (C.) (*a*). . . . 128
Deinega (*a*) 125
Devaux (*a*) 91

F

Falck (*c*) 431
Fairchild (*c*) 460
Farmer et Hill (*a*) 300
Faull (*a*) 300
Fischer (Hermann) (*a*) 47
Fouilloy (*a*) 232

G

Gauchery (*a*). 239
Gloss (*a*) 239
Glück (*a*) 231
Grélot (*a*). 233
Gruber (*c*) 426
Guéguen (*a*) 236
Gwynne-Vaughan (*a*) 300

H

Hansgirg (*a*). 127
Hartog (*c*) 352
Hildebrandt (*a*) 239
Hill et Farmer (*a*) 300
Houlbert (*a*) 93

Pages

I

Istvanffi (*c*) . . . 463

J

Jeffrey (*a*) . . . 301
Jöhnson (*a*) . . . 237
Jost (*a*) . . . 93
Juel (*c*) . . . 463

K

Klebs (*c*) . . . 395, 429, 431
Kraus (*a*) . . . 94
Künkele (*a*) . . . 42

L

Leisering (*a*) . . . 43
Lendner et Chodat (*a*) . . . 235
Lignier (*a*) . . . 235
Lœventhal (*c*) . . . 460
Lutz (*a*) . . . 301

M

Magocsy-Dietz (*a*) . . . 47
Maire (*c*) . . . 506
Martel (*a*) . . . 235
Matruchot (*c*) . . . 428
Mirande (*a*) . . . 237
Miyake (*c*) . . . 392
Möbius (*a*) . . . 230

N

Nordhausen (*a*) . . . 93

P

Parlatore (*a*) . . . 128
Parmentier (*a*) . . . 239
Paulsen (Ove) et Boergesen (*a*) 236
Percy Groom (*c*) . . . 464
Perrot (*a*) . . . 42
(*c*) . . . 463
Pitard (*a*) . . . 91, 96

Pages

Q

Queva (*a*) . . . 48

R

Raciborski (*c*) . . . 459
Ricome (*a*) . . . 94
Ruhland (*c*) . . . 399, 506
Rosenberg (*c*) . . . 400

S

Sappin-Trouffy (*c*) . . . 463
Schaar (*a*) . . . 237
Schmidt (Adèle) (*a*) . . . 238
Schniewind-Thies (*a*) . . . 236
Schubert (*a*) . . . 127
Schulze (*a*) . . . 128
Schumann (*a*) . . . 237
Schwabach (*a*) . . . 48
Shove (*a*) . . . 301
Smith (*a*) . . . 238
Stevens (*c*) . . . 398, 399

T

Thiselton-Dyer (*a*) . . . 239
Thompson (*a*) . . . 43
Tison (*a*) . . . 92, 232
Trow (*c*) . . . 351, 352, 393
Tyler (*a*) . . . 231

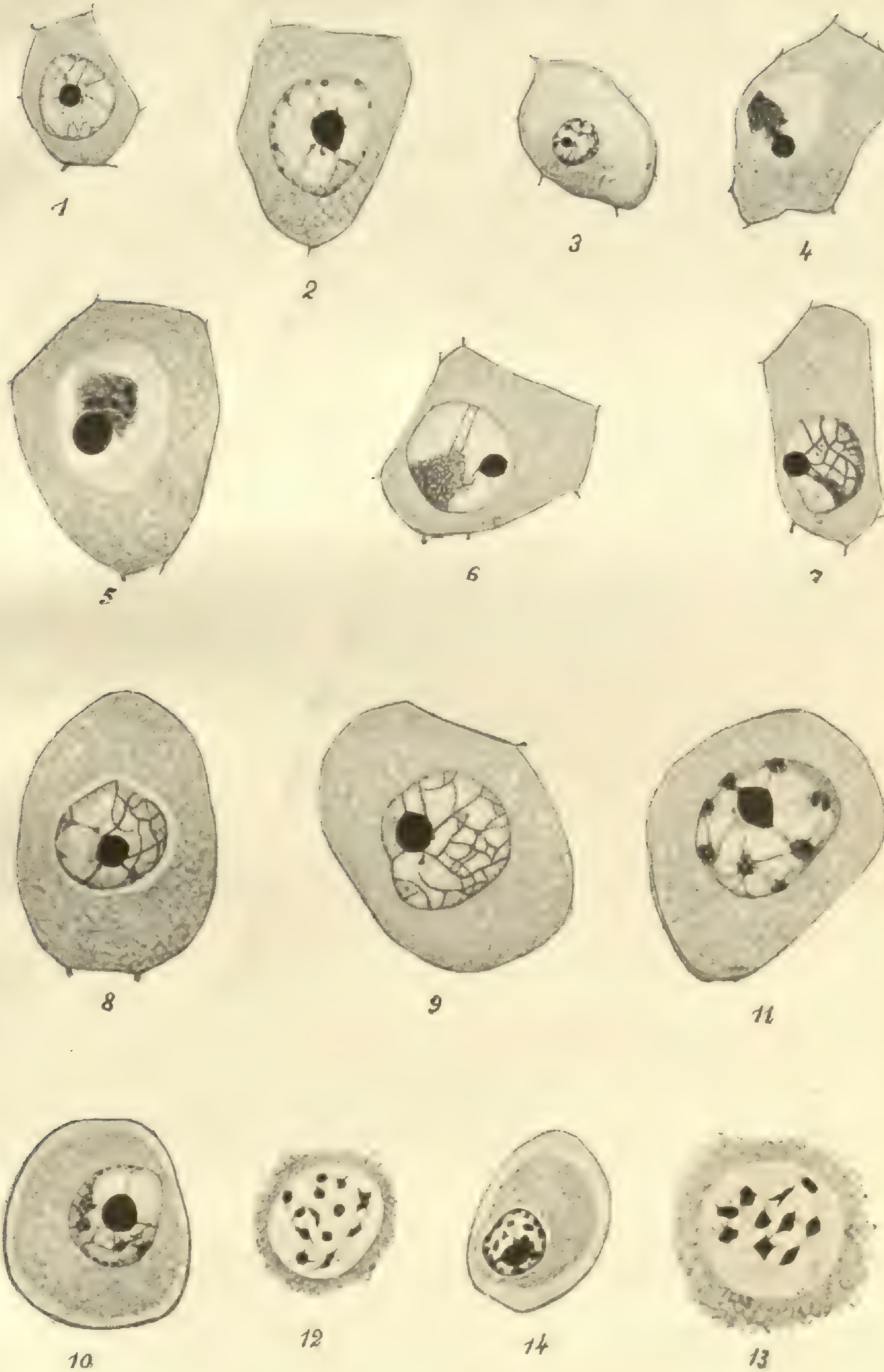
V

Van Tieghem (*a*) . . . 46
Vidal (*a*) . . . 234
Vuillemin (*a*) . . . 45
(*c*) . . . 427
Voycicki (*c*) . . . 461

W

Wager (*c*) . . . 303, 397, 464
Wallace (*a*) . . . 43
Wollenweber (*a*) . . . 127
Worsdell (*a*) . . . 230

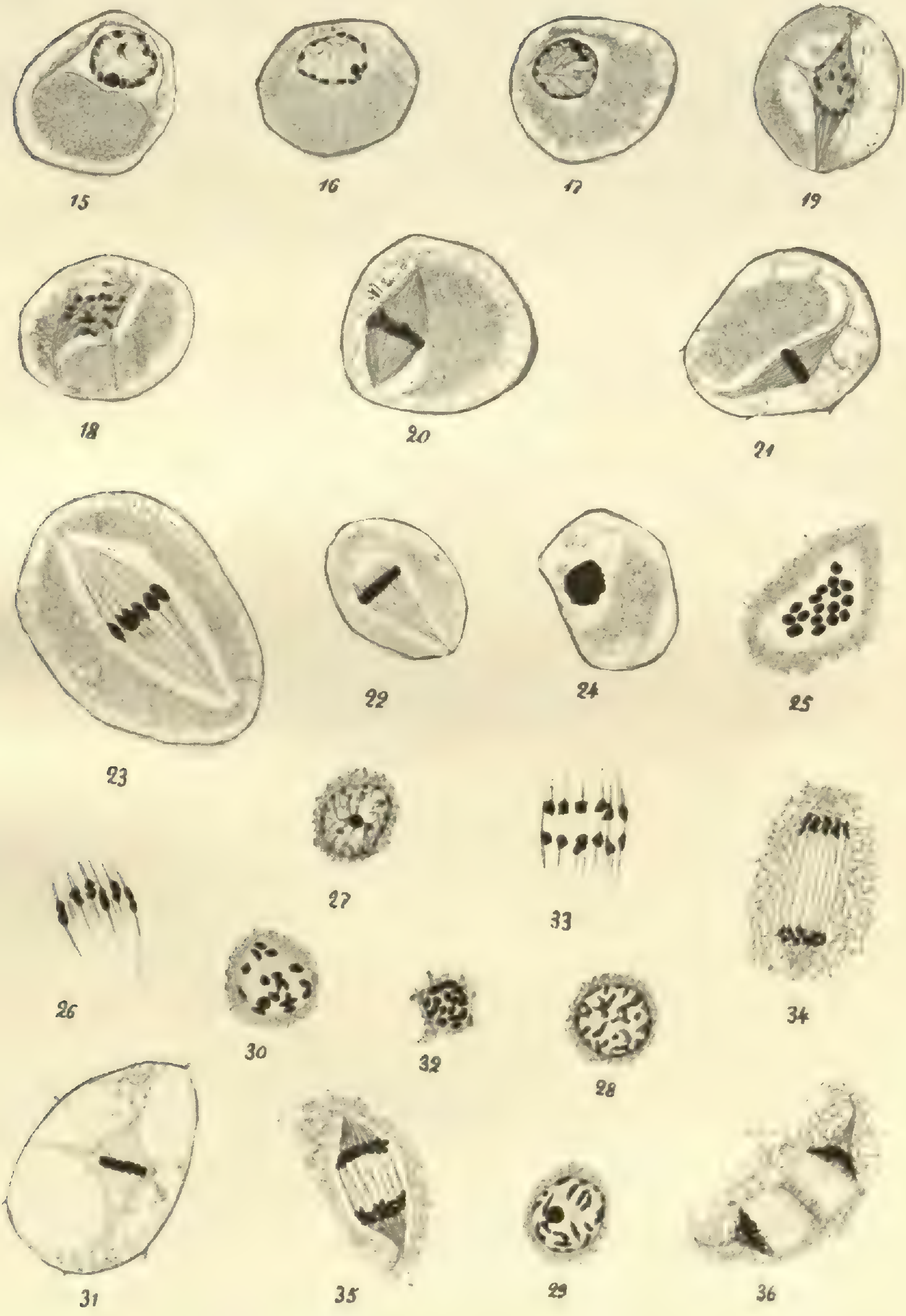
450 — Lille, imp. Le Bigot Frères. Le gérant, Ch. Tual.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
11
10
12
14
13

Auct del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. Berlin sc.

Nuphar luteum et *Nymphæa alba*.

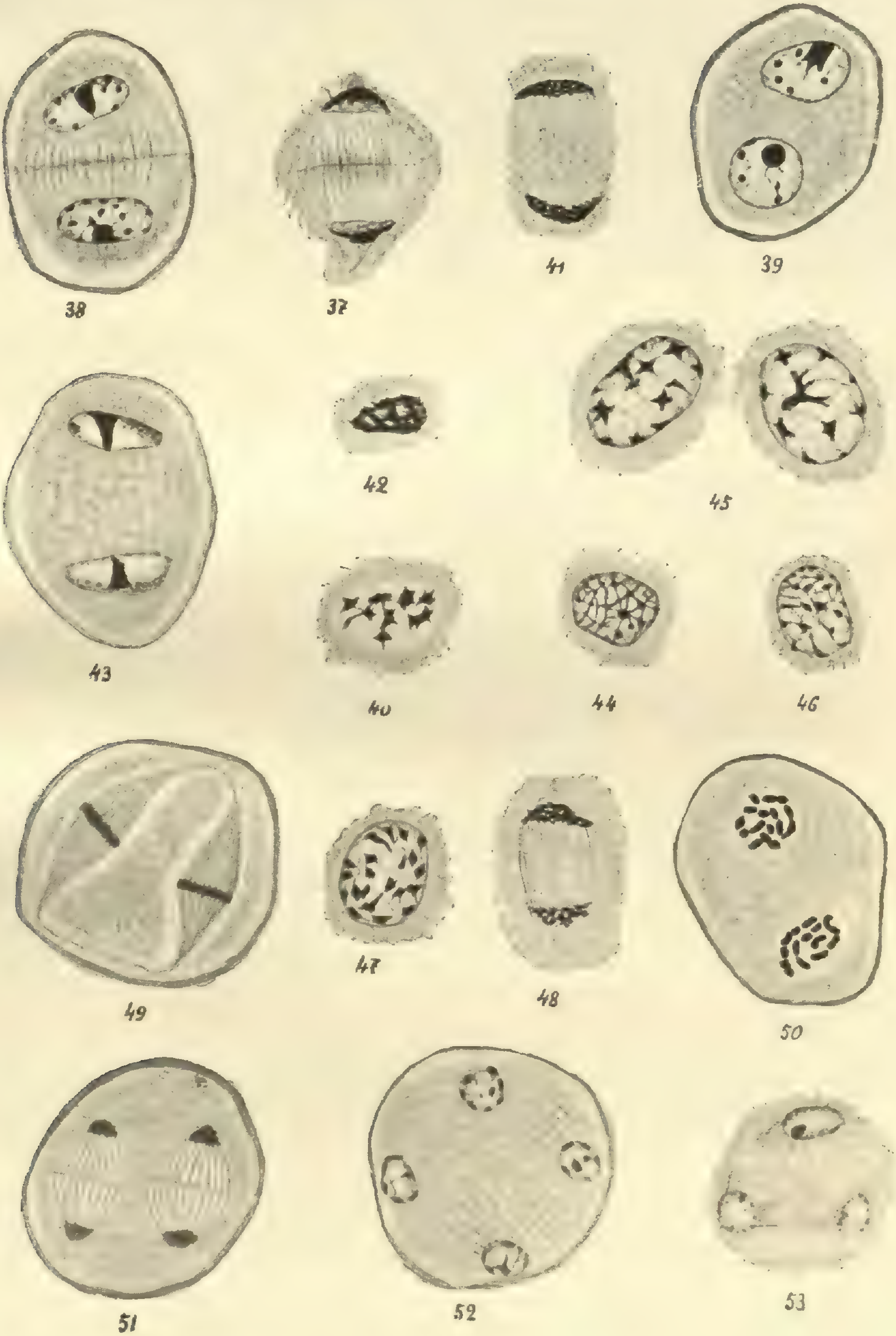
Cellules-mères des grains de pollen, avec noyau en voie de division.


15
16
17
19
18
20
21
23
22
24
25
27
33
34
26
30
32
28
31
35
29
36

Auct. del.
LILLE.—LE BIGOT FRÈRES.
Berlin sc.

Nymphæa alba et *Nuphar luteum.*

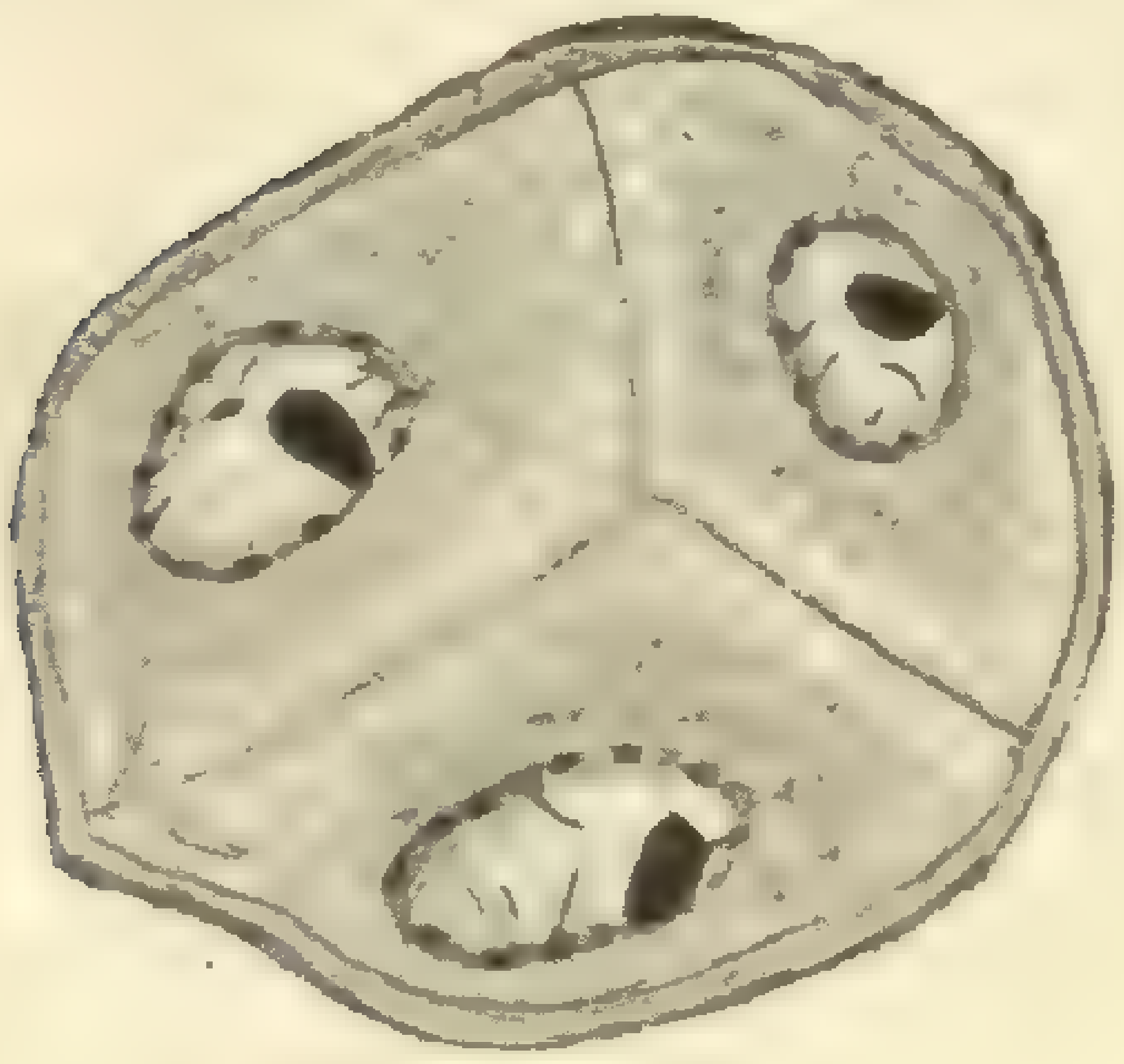
Cellules-mères du pollen avec noyau en voie de division (1ère cinèse).


38
37
41
39
43
42
45
40
44
46
49
47
48
50
51
52
53

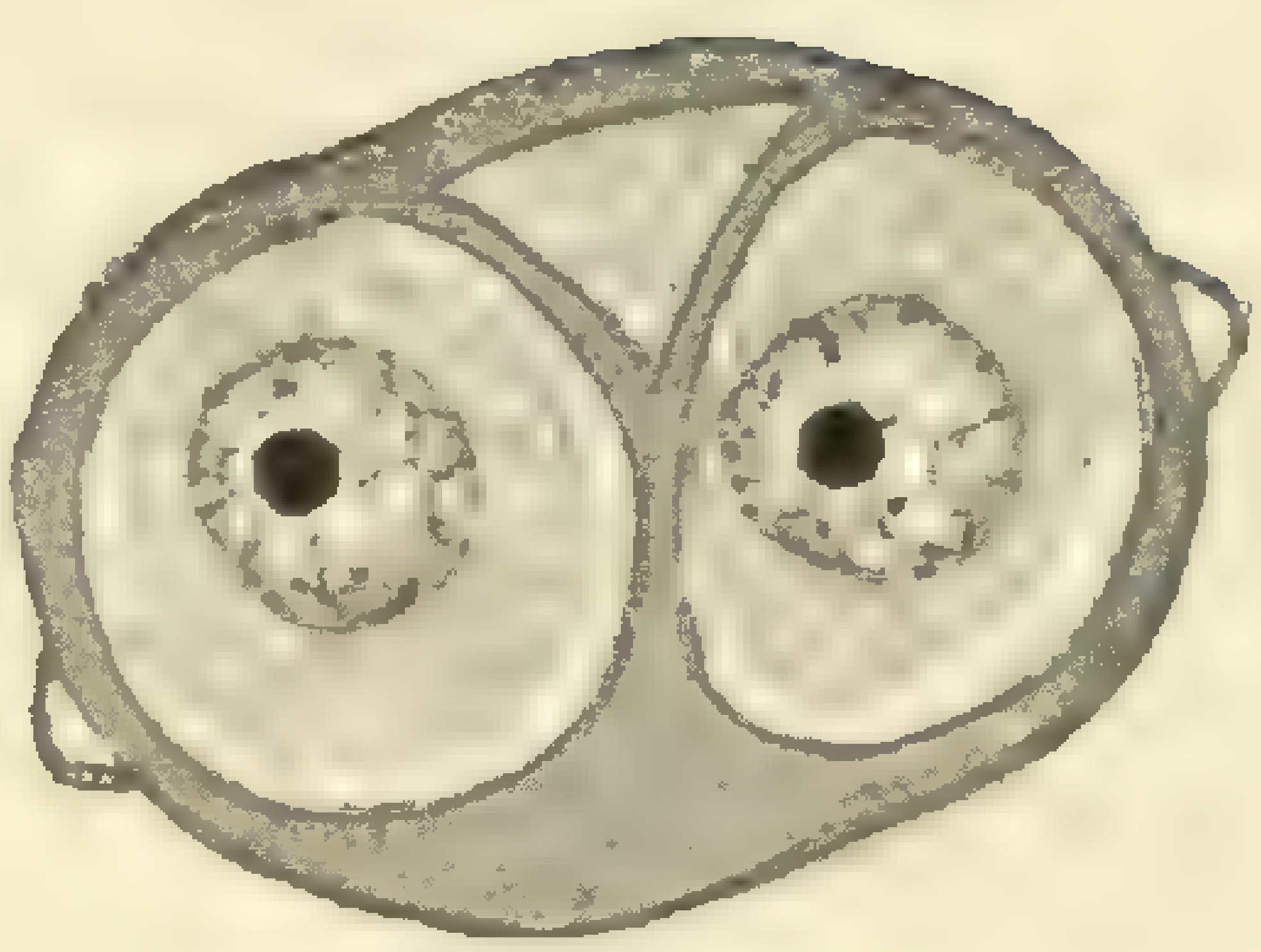
Auct. del.
LILLE.—LE BIGOT FRÈRES
Bertin sc.

Nymphæa alba et *Nuphar luteum.*

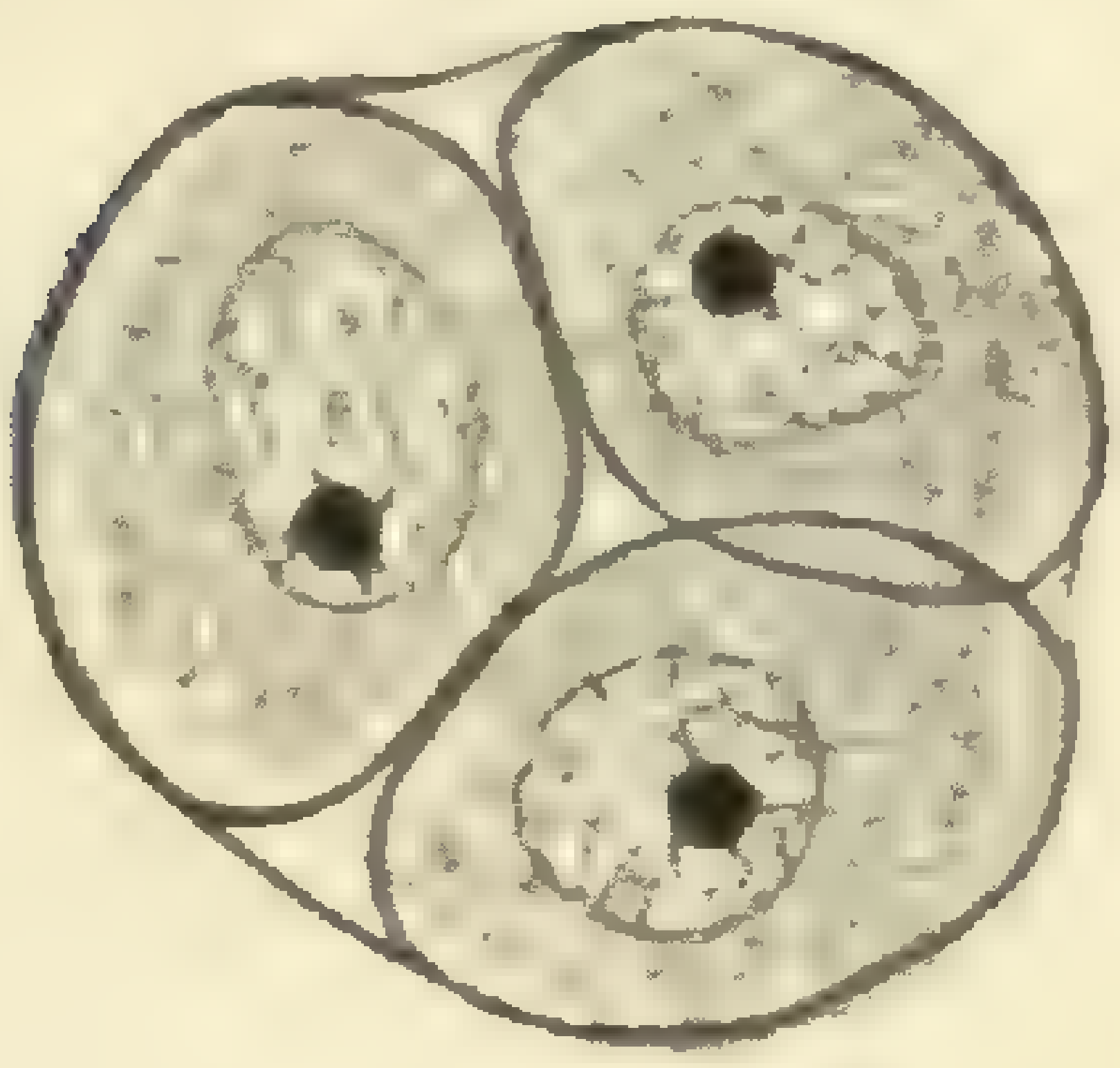
Cellule-mère du pollen avec noyau en voie de division (1ère et 2ème cinèses).



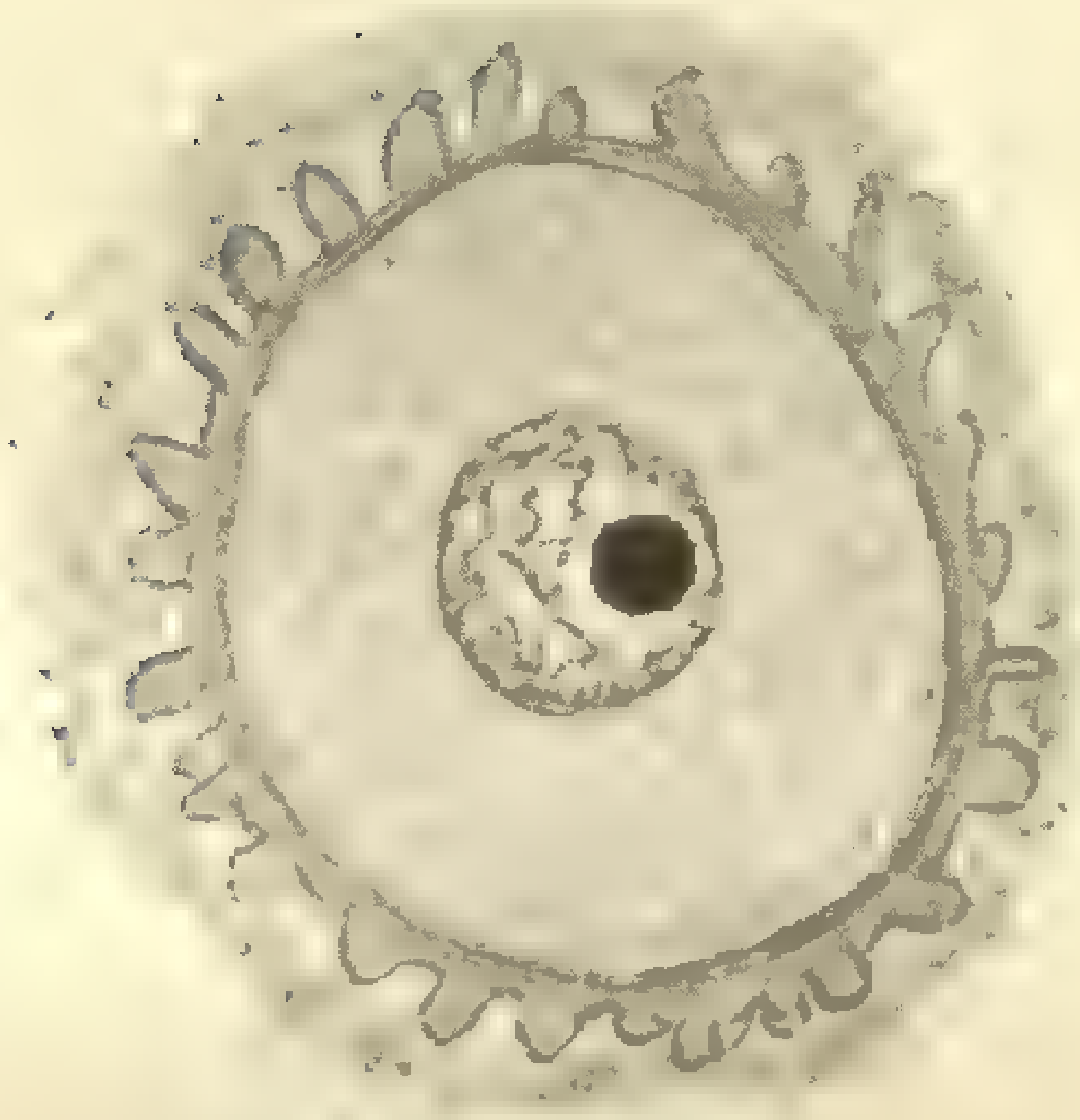
54



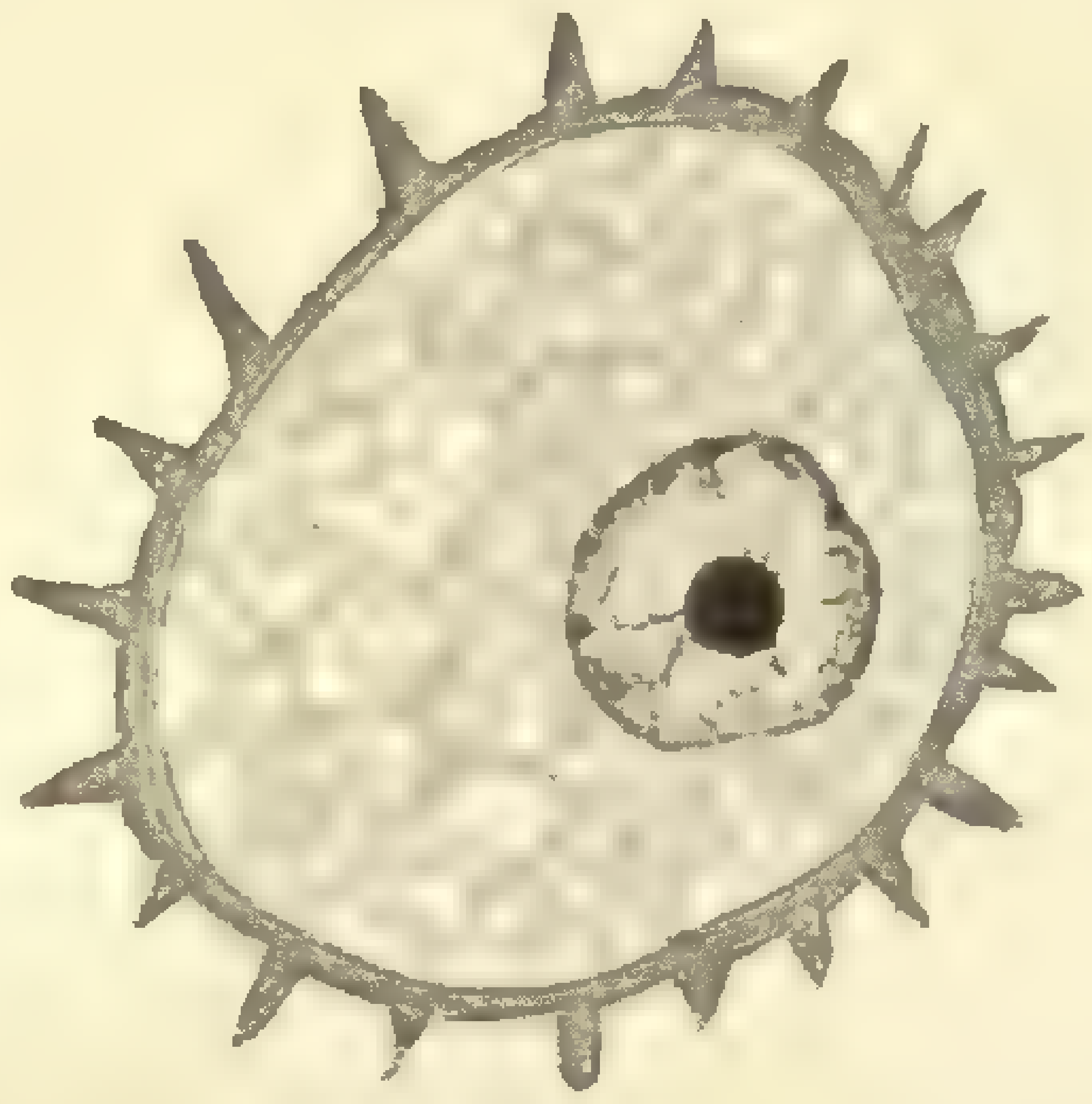
55



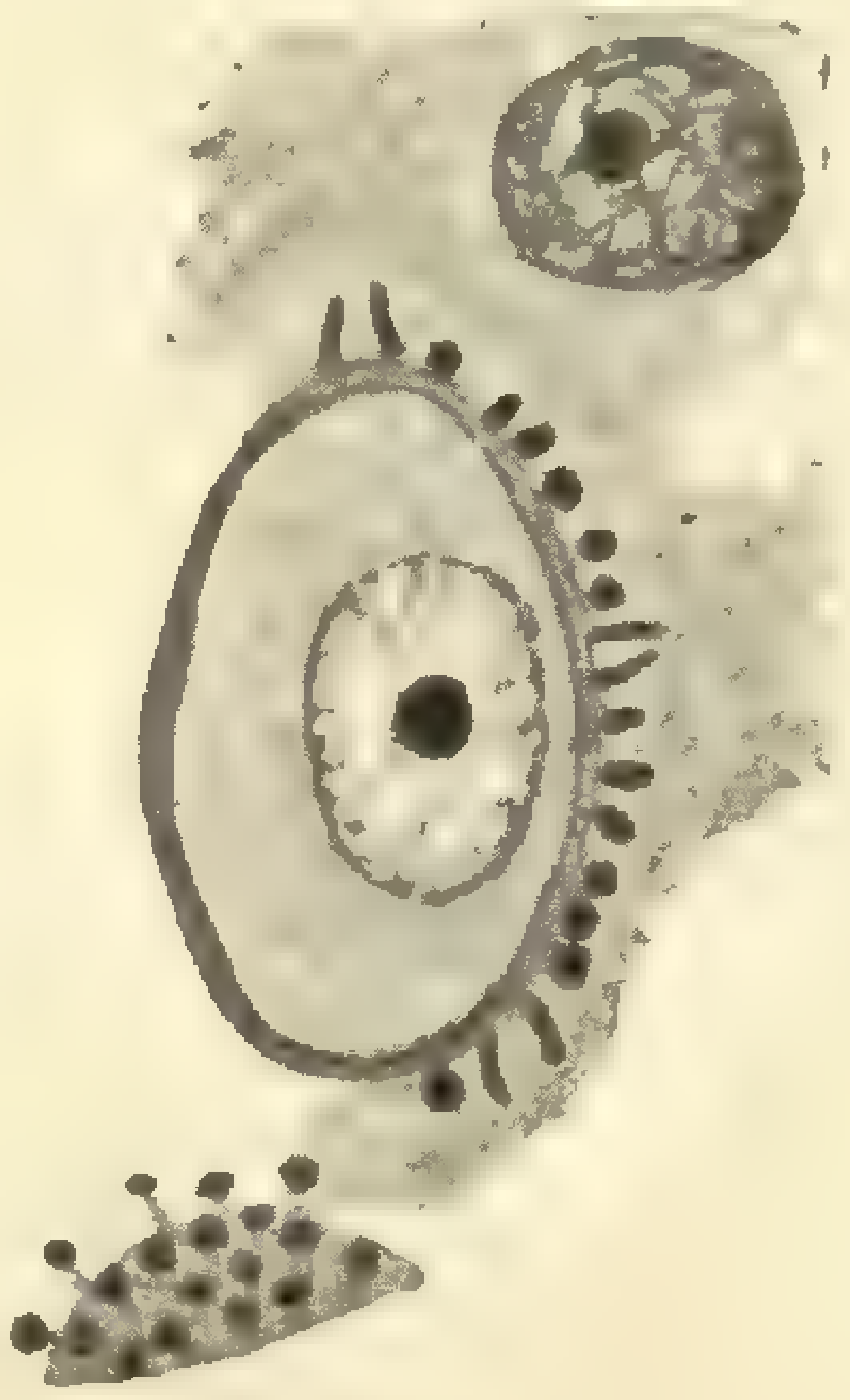
56



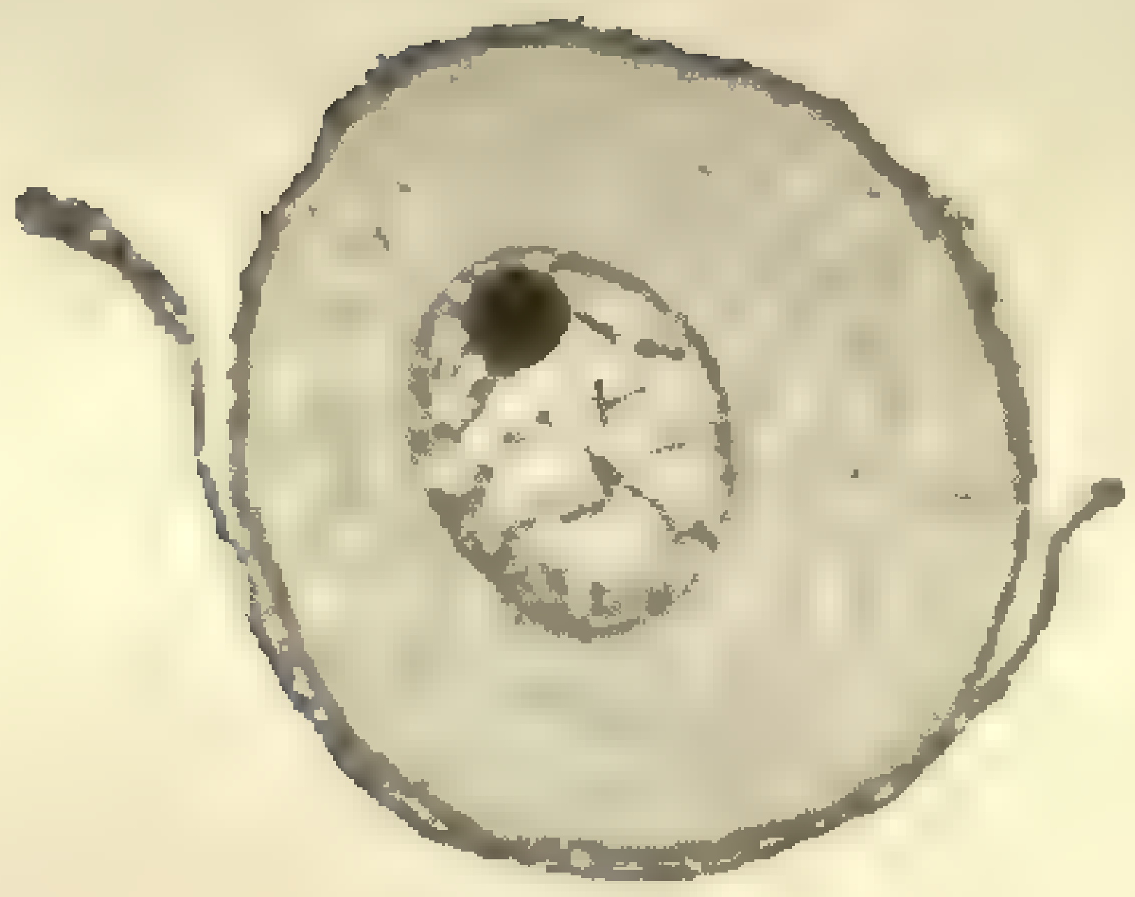
59



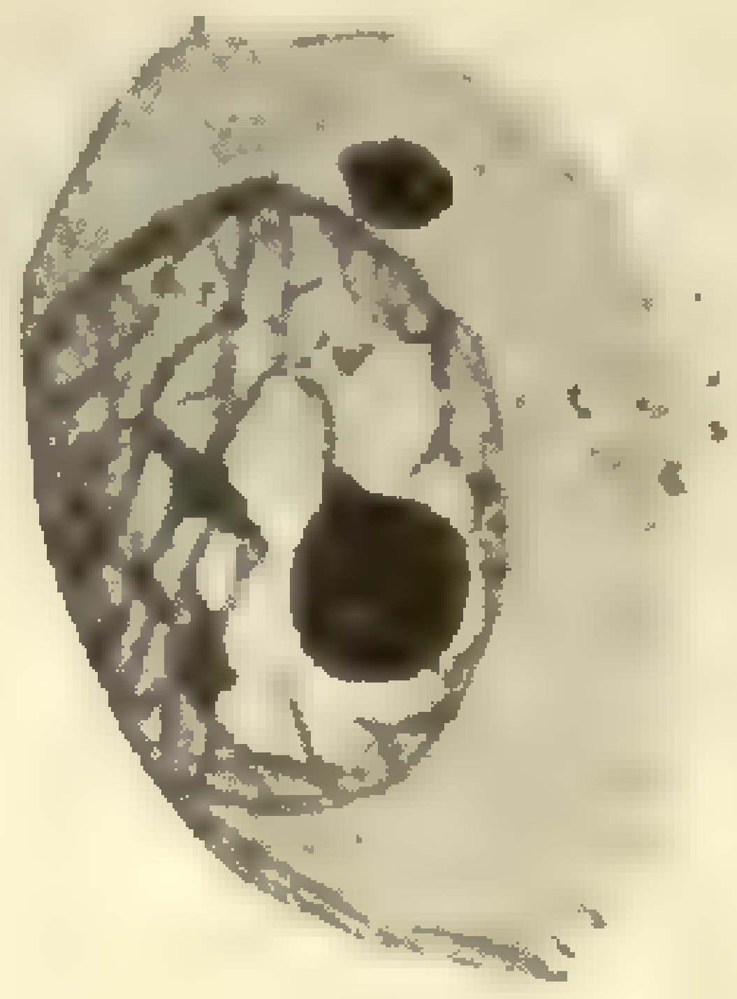
61



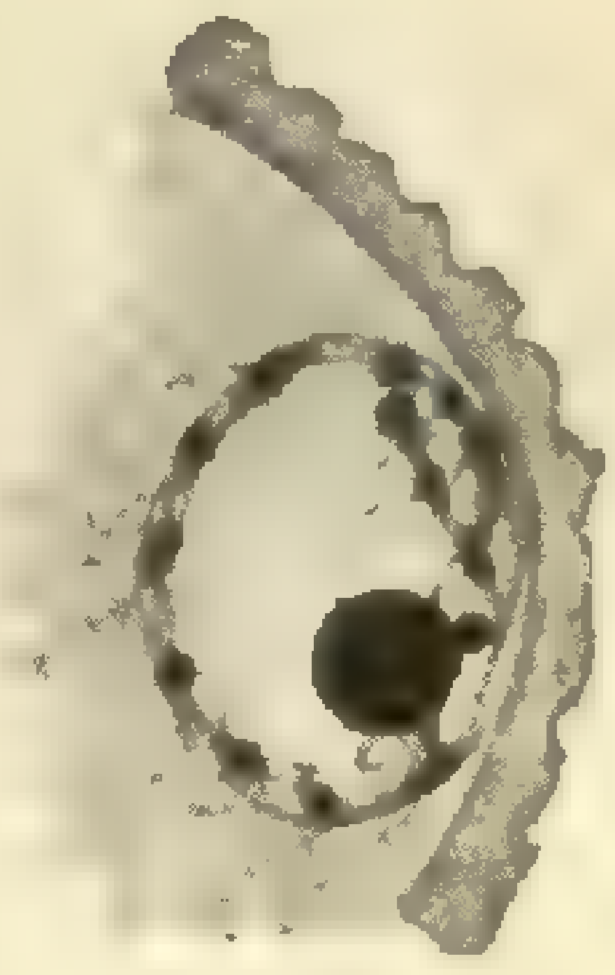
58



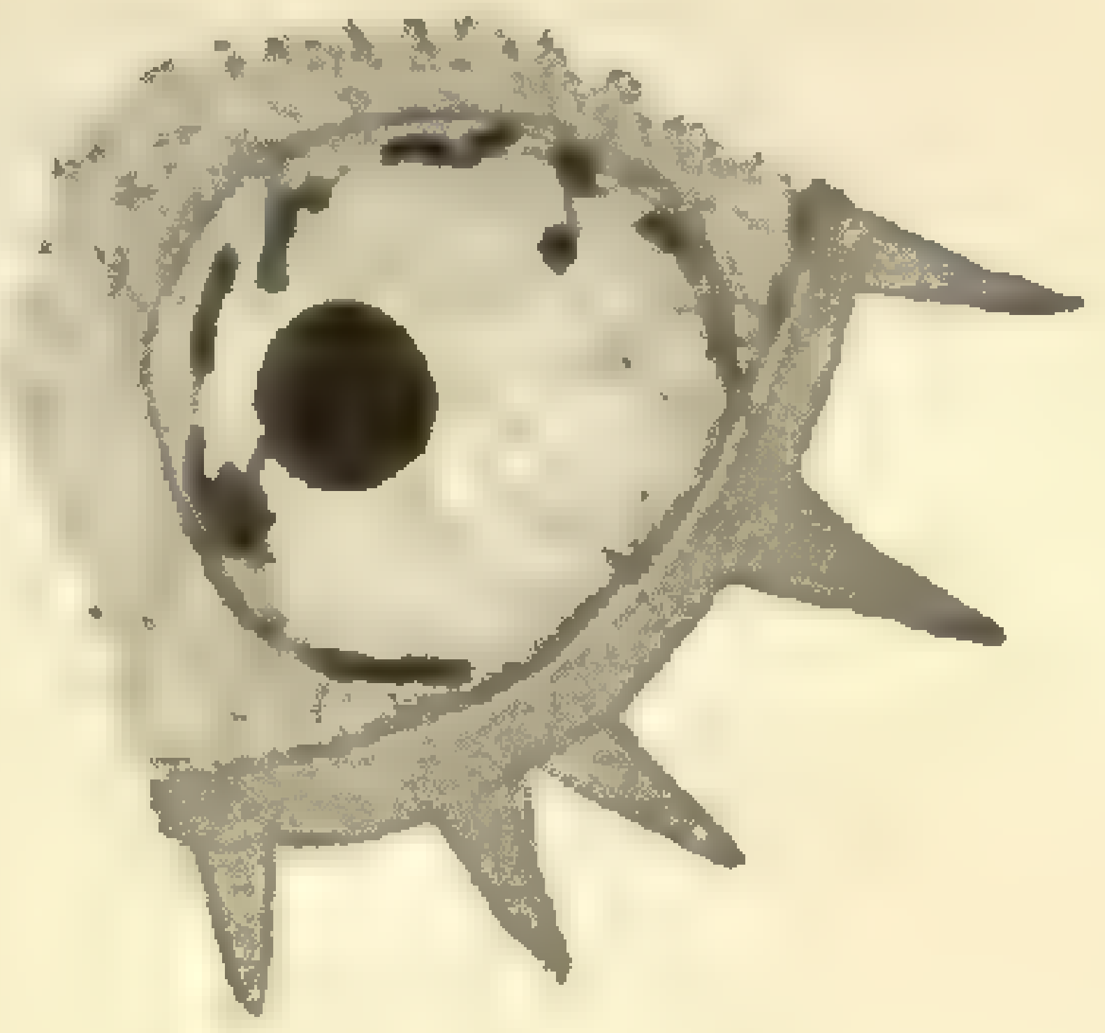
52



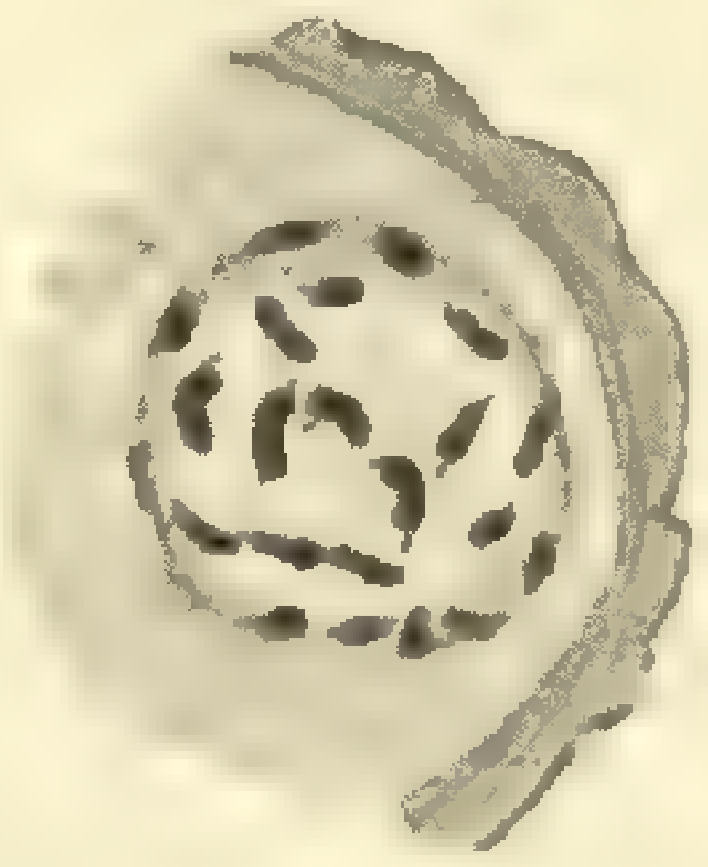
64



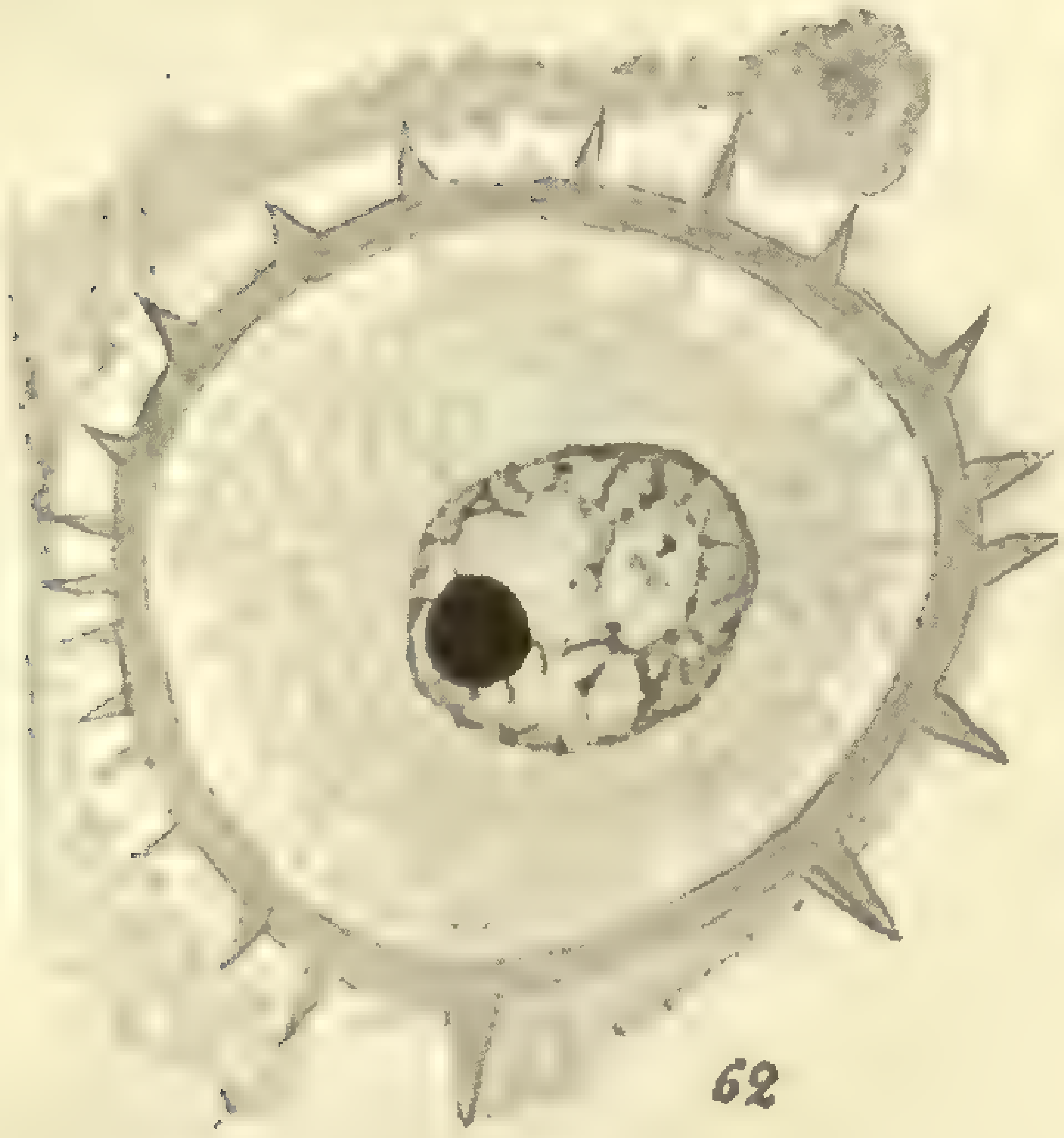
65



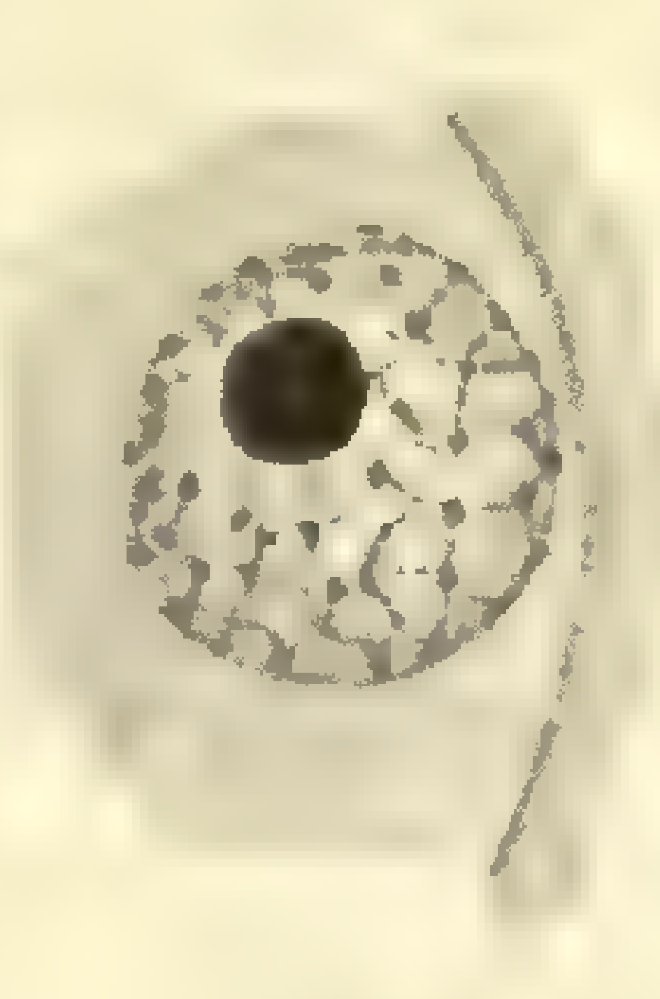
66



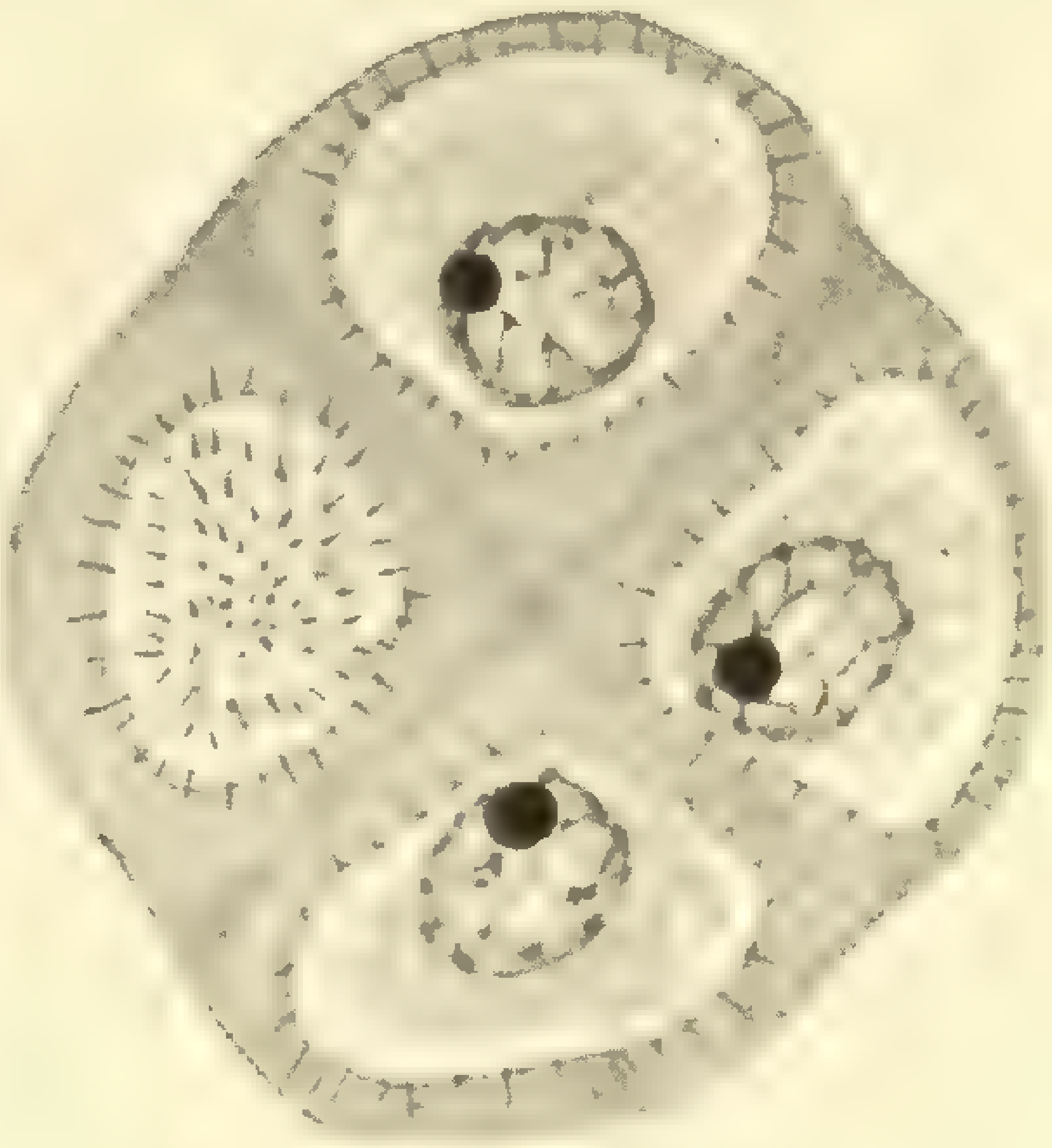
67



62



63

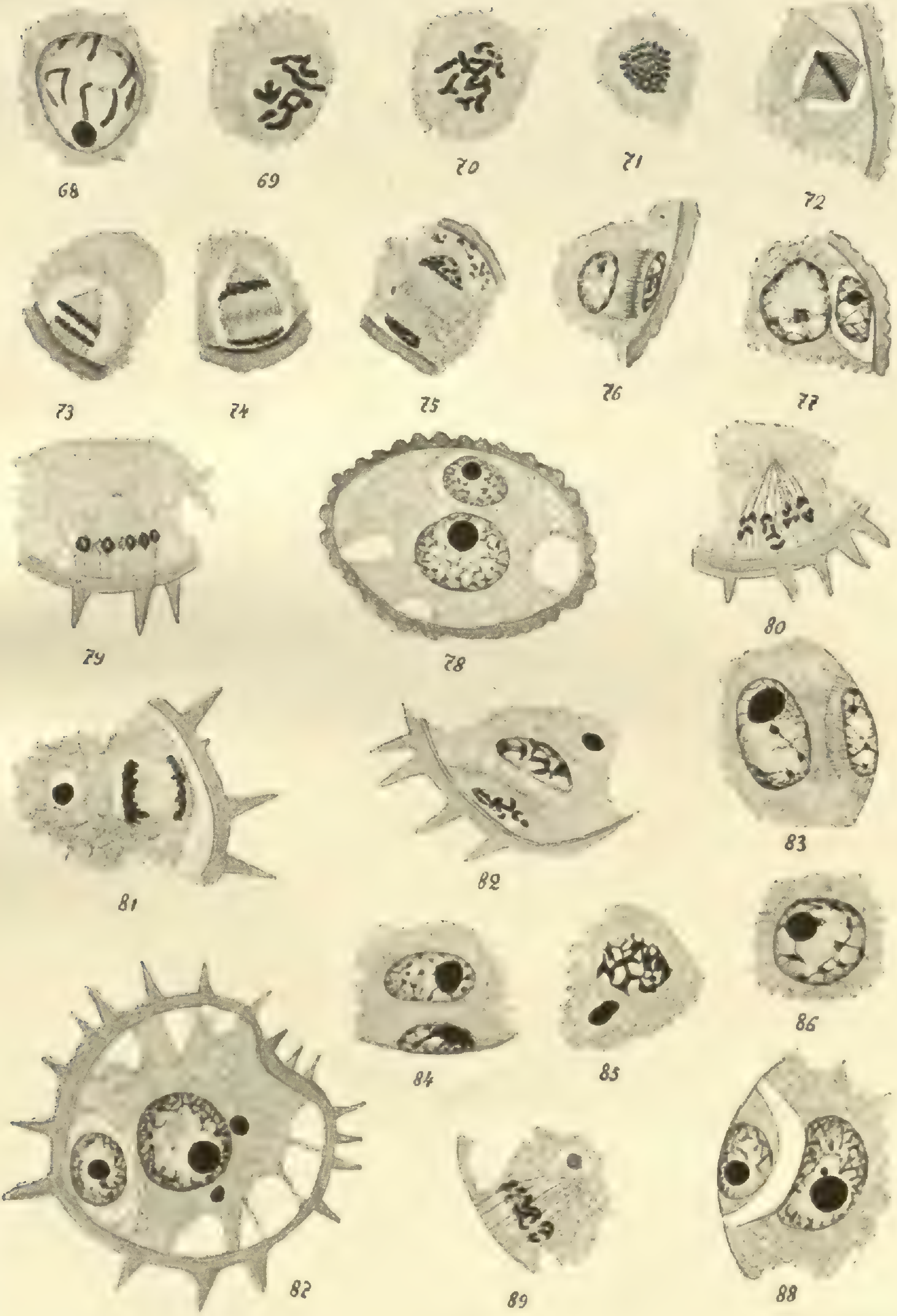


60

Auct. del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. *Bertin sc.*

Nymphæa alba et *Nuphar luteum.*

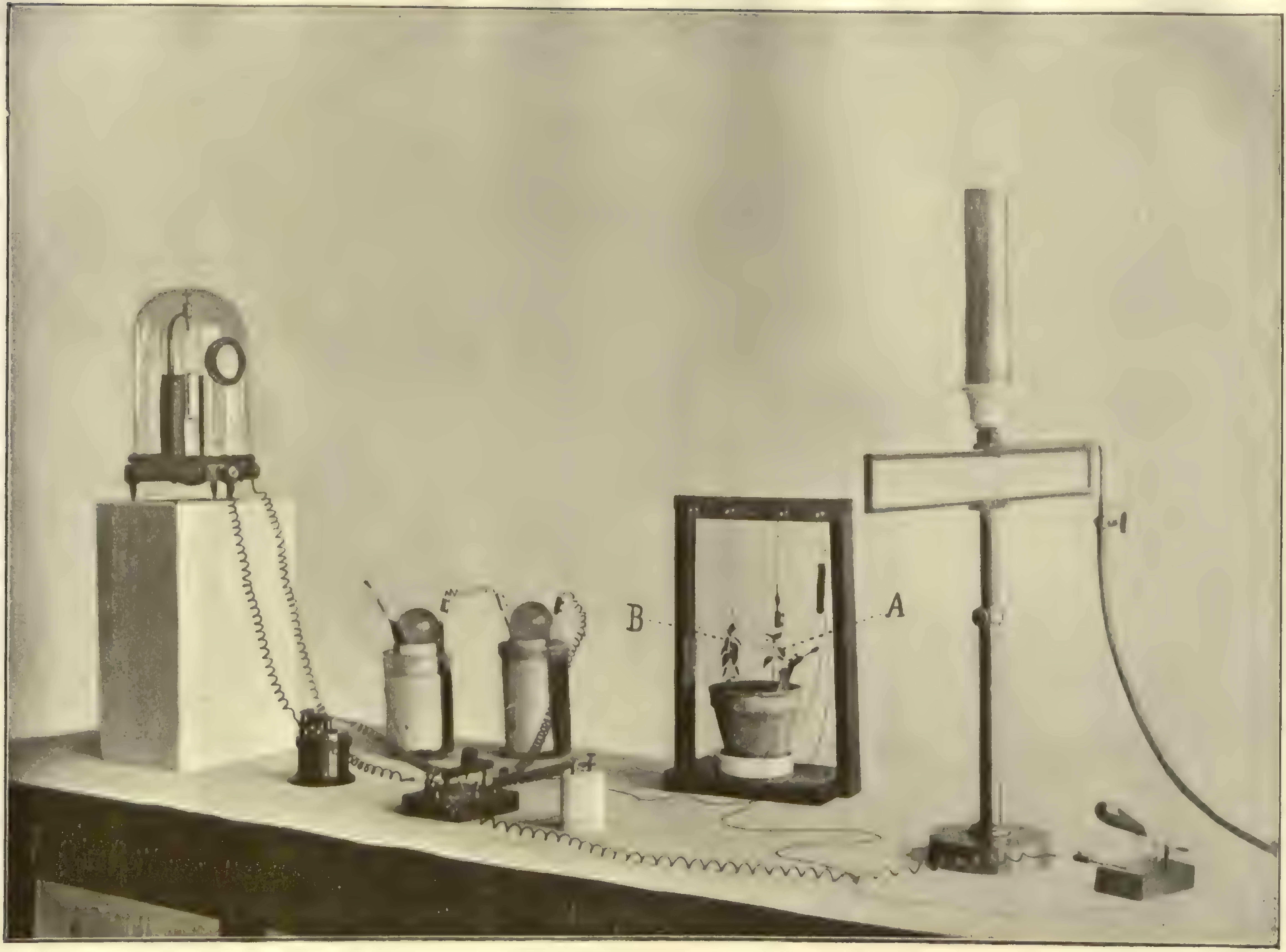
Tétrades. Développement des grains de pollen.


68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
79
78
80
81
82
83
84
85
86
87
89
88

Auct. del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. *Berlin sc.*

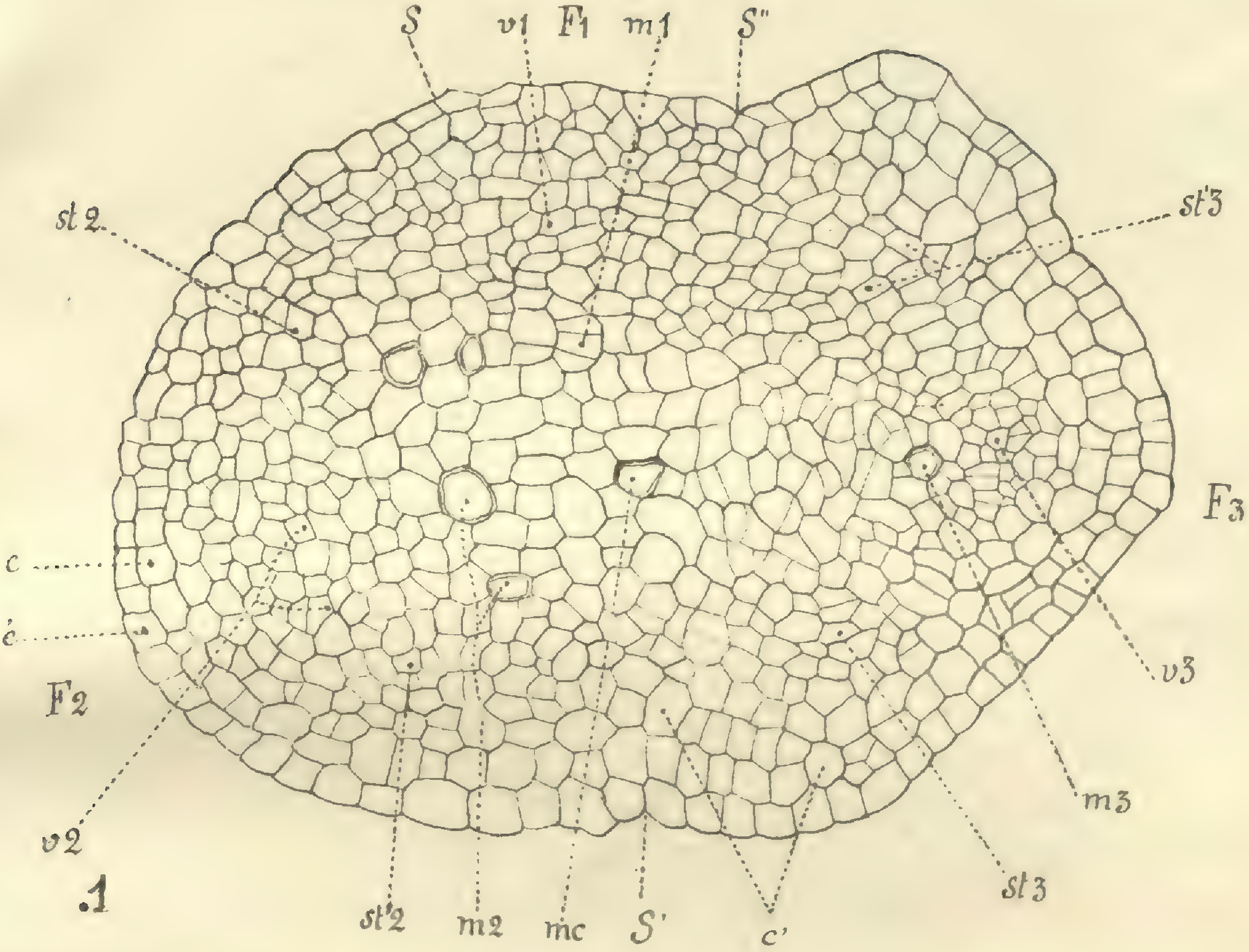
Nymphæa alba et *Nuphar luteum.*

Grains de pollen avec noyau en voie de division (3ème cinèse).

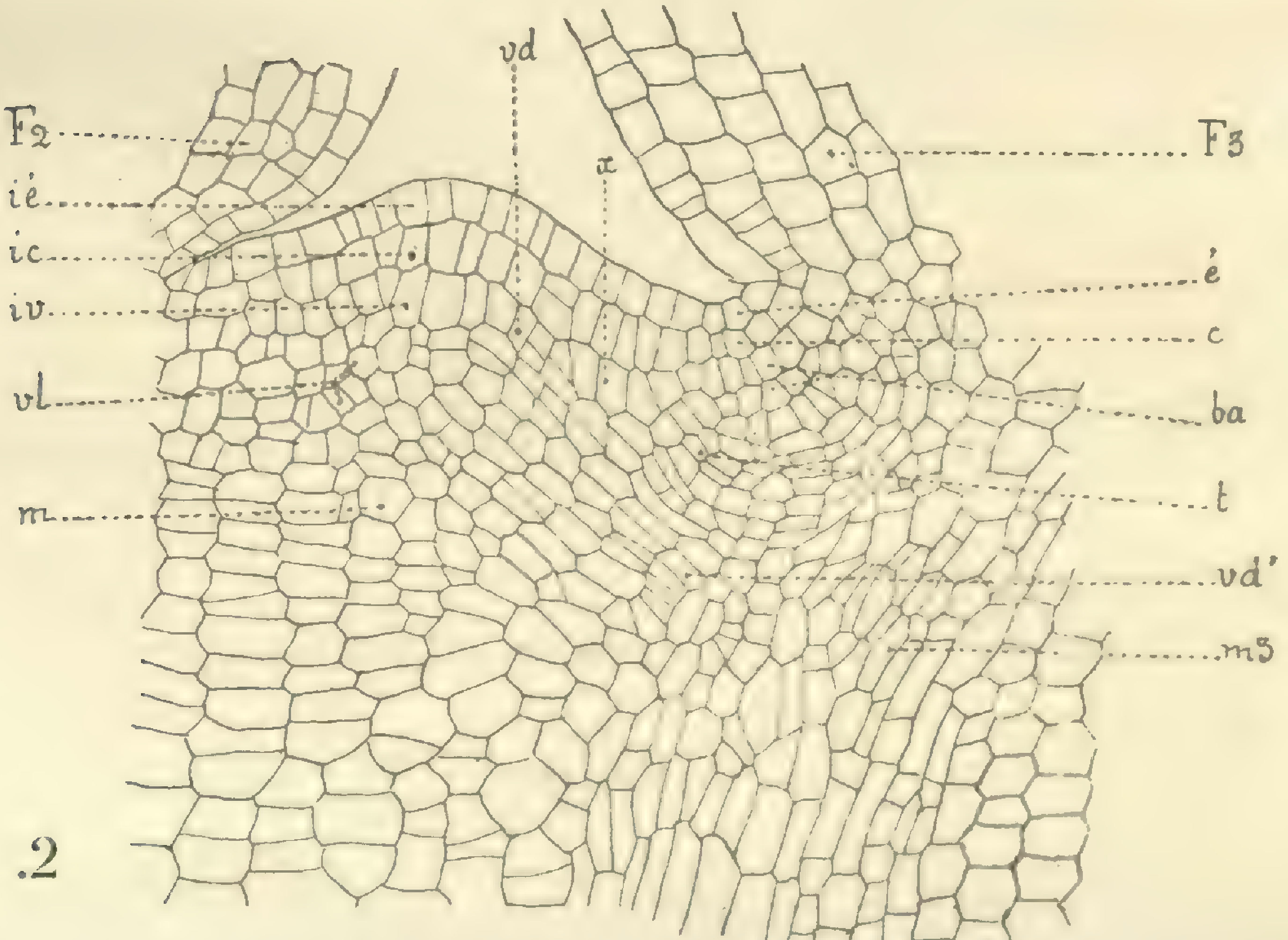


Thouvenin phot. LILLE. - LE BIGOT FRÈRES Bertin sc.

Dispositif destiné à montrer l'influence des courants galvaniques sur les végétaux fanés.


S
v1
F1
m1
S"
st2
st'3
F3
c
ċ
F2
v3
v2
m3
st3
st'2
m2
mc
S'
c'

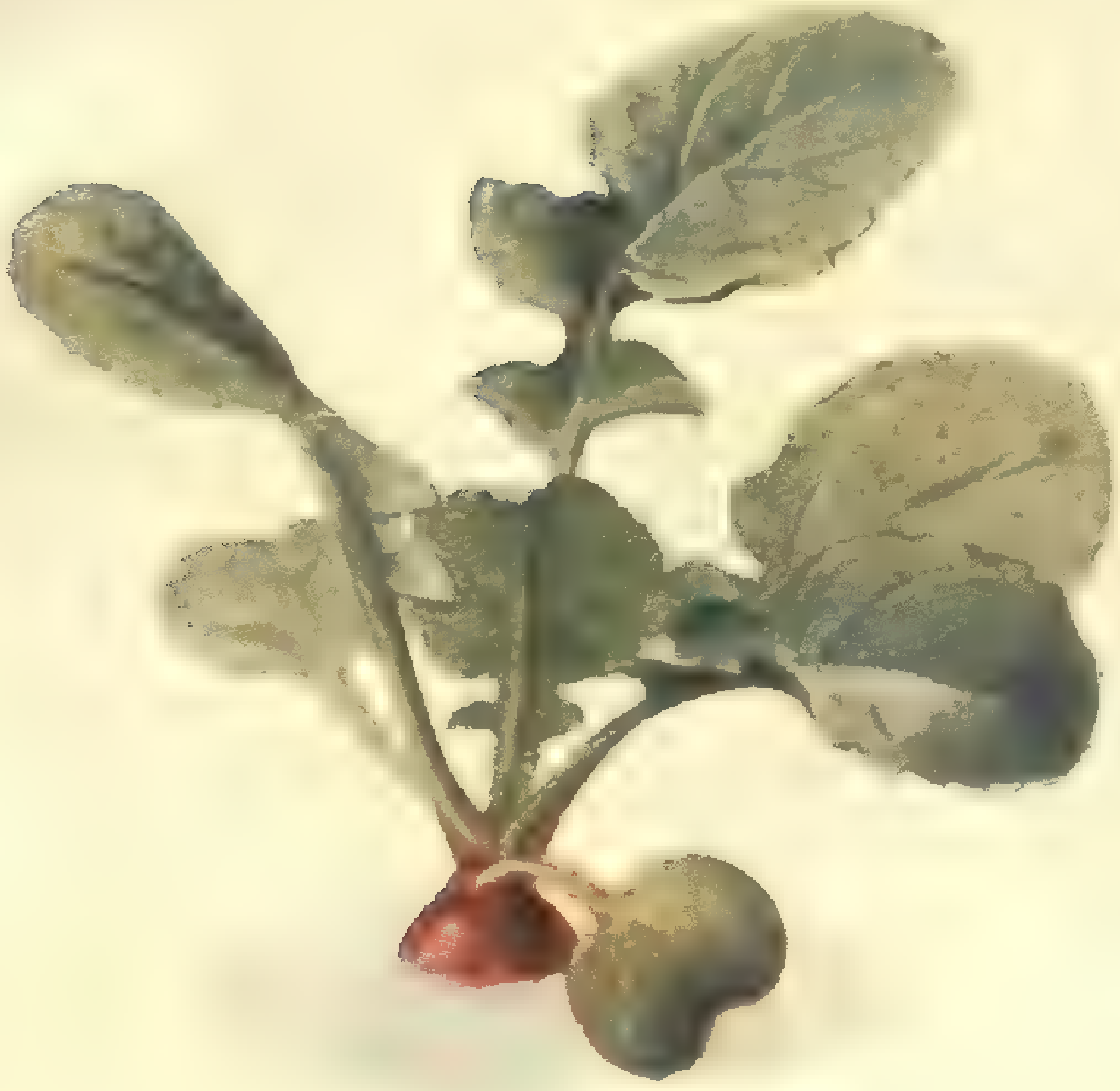
.1


vd
F2
iė
ic
iv
vl
m
x
F3
ė
c
ba
t
vd'
m3

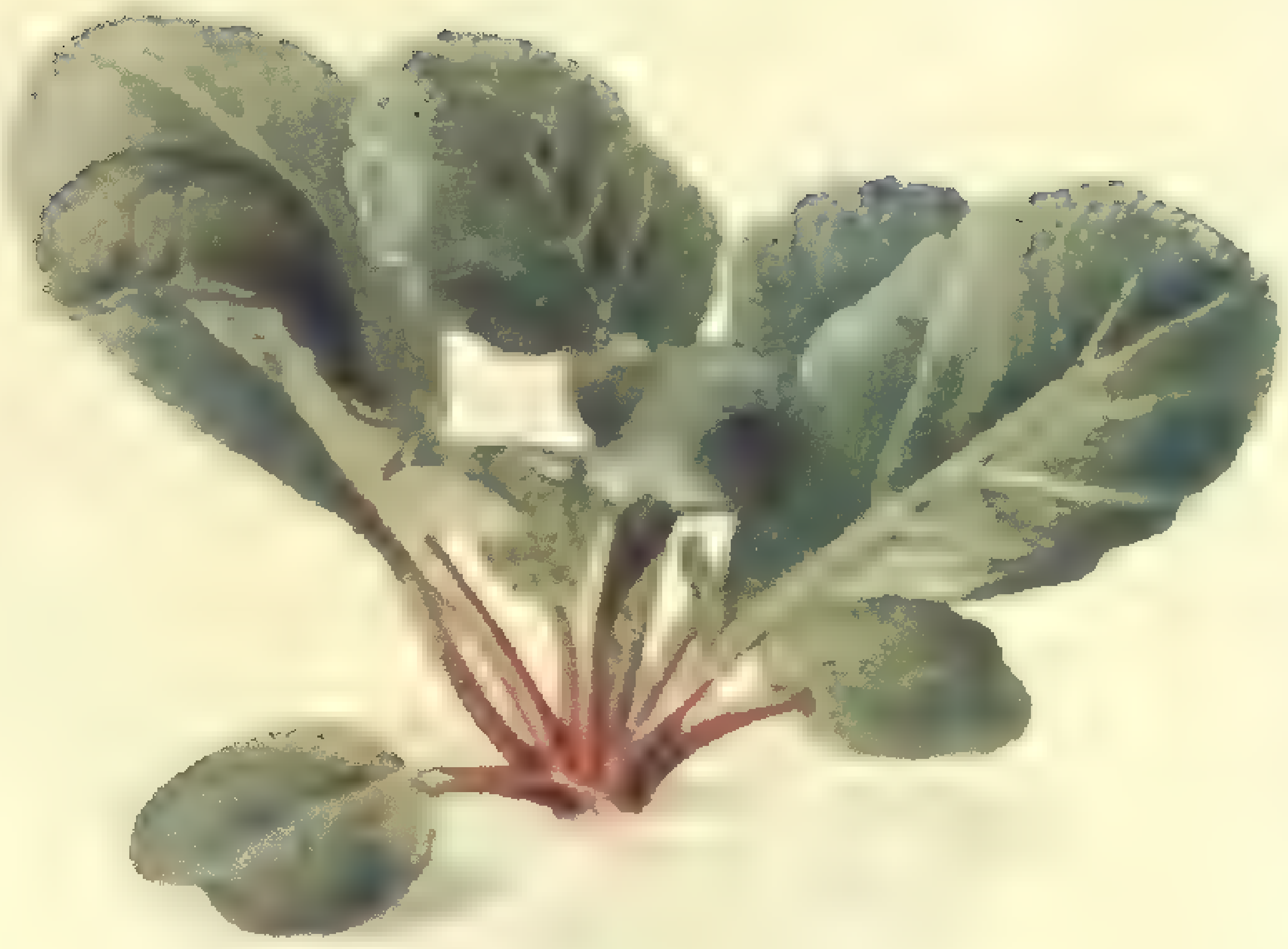
.2

Léon Flot del. *Imp. Le Bigot Frères* *Bertin sc.*

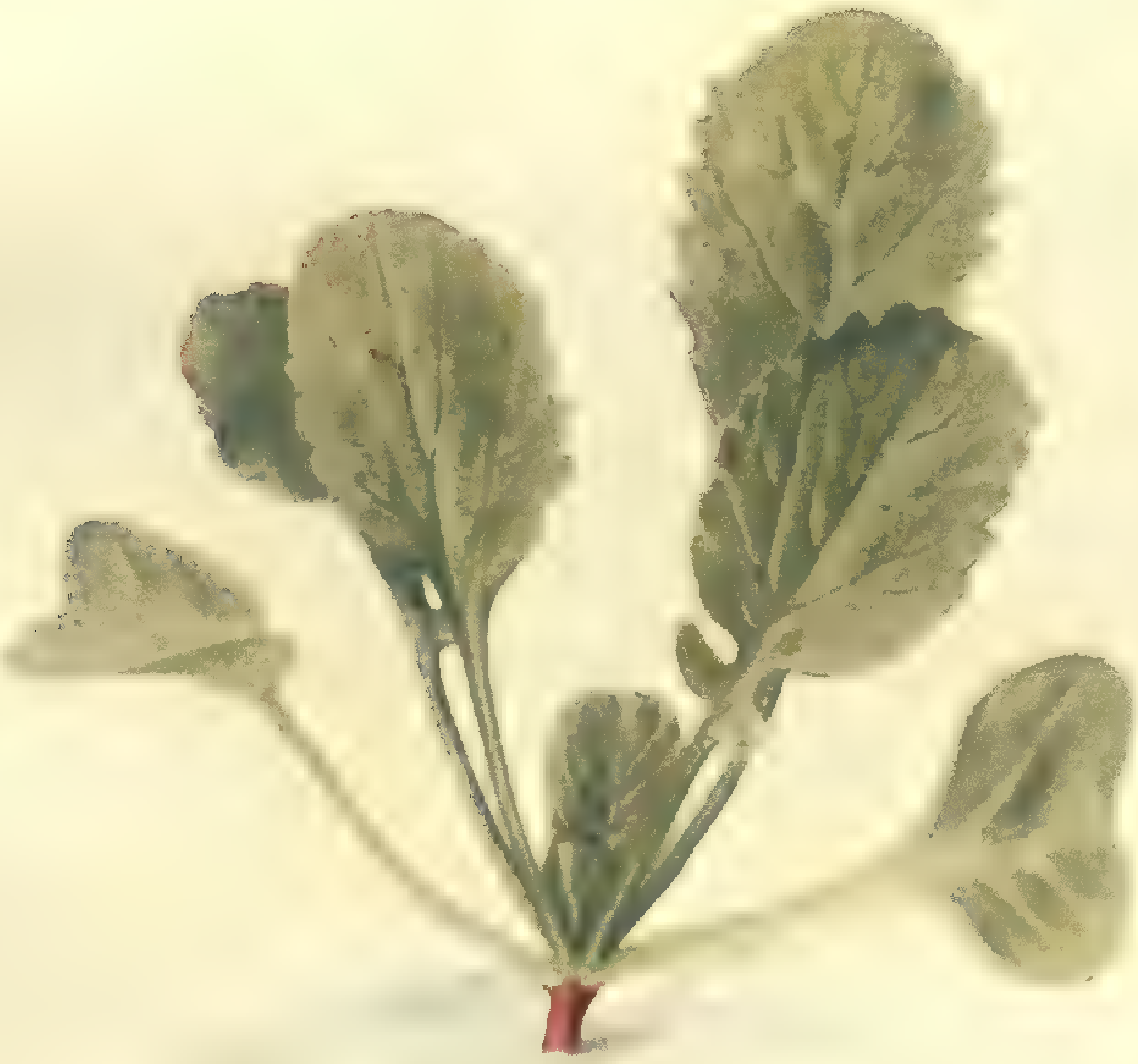
1. *Betula alba.* — 2. *Hedera Helix.*



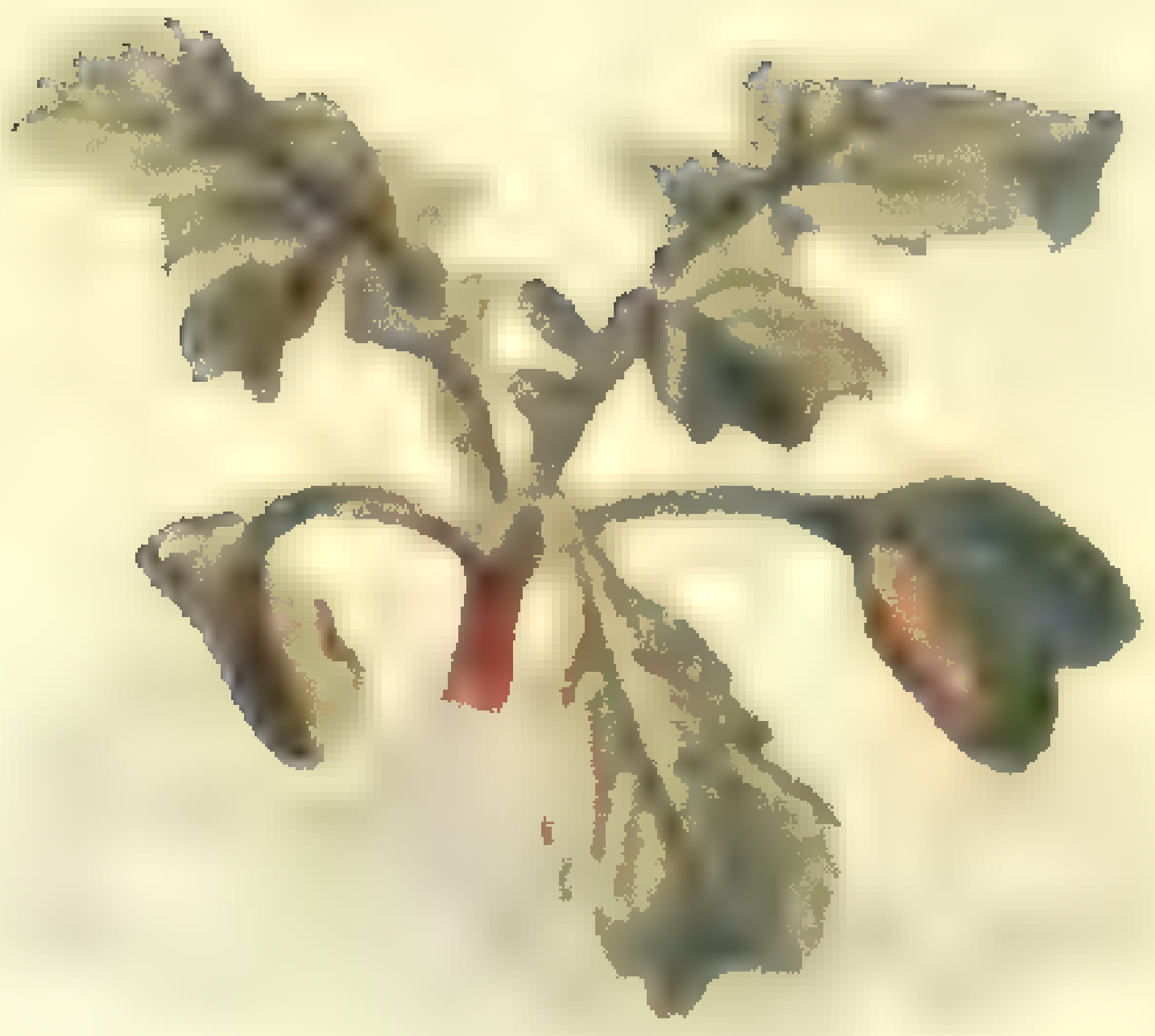
2



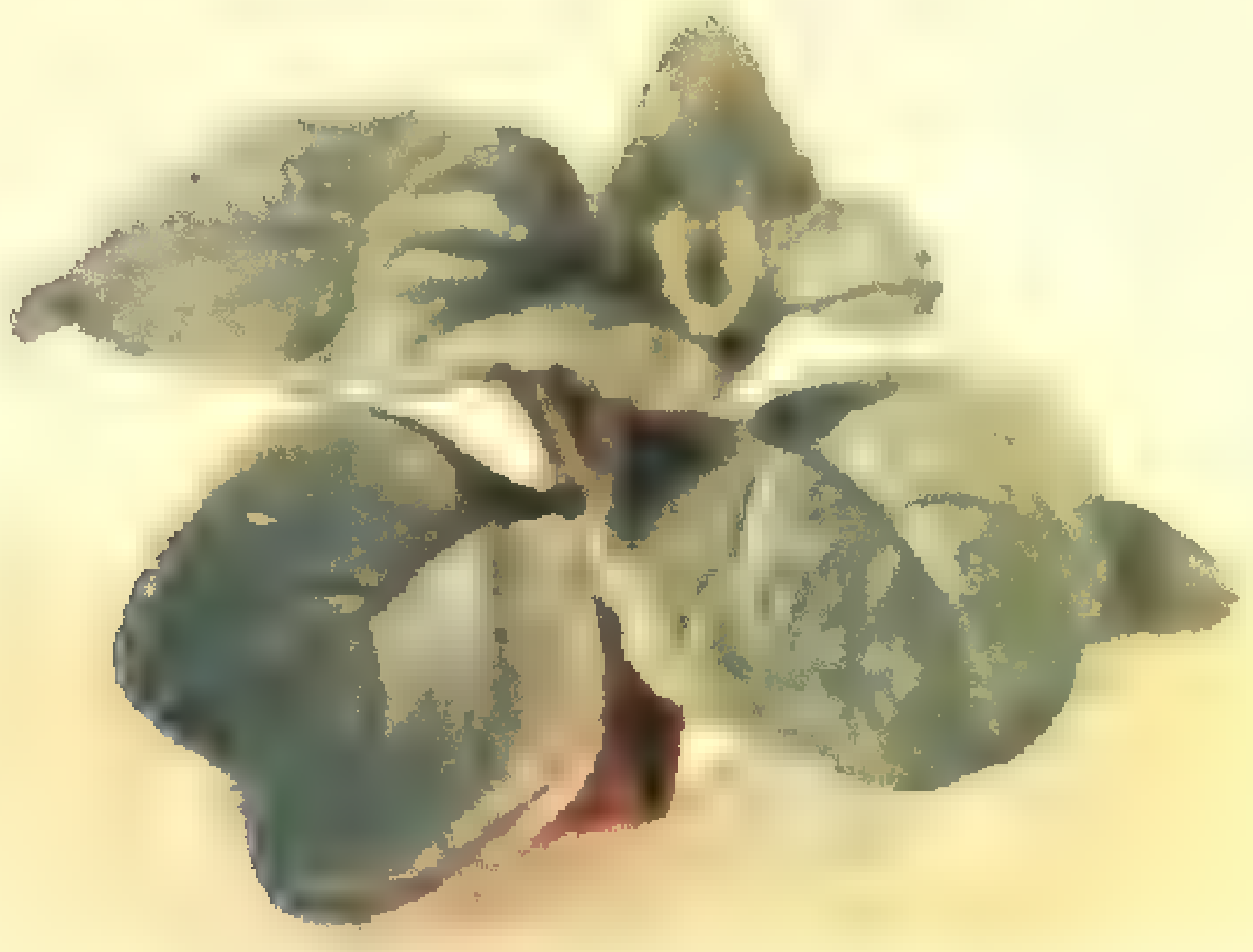
3



1



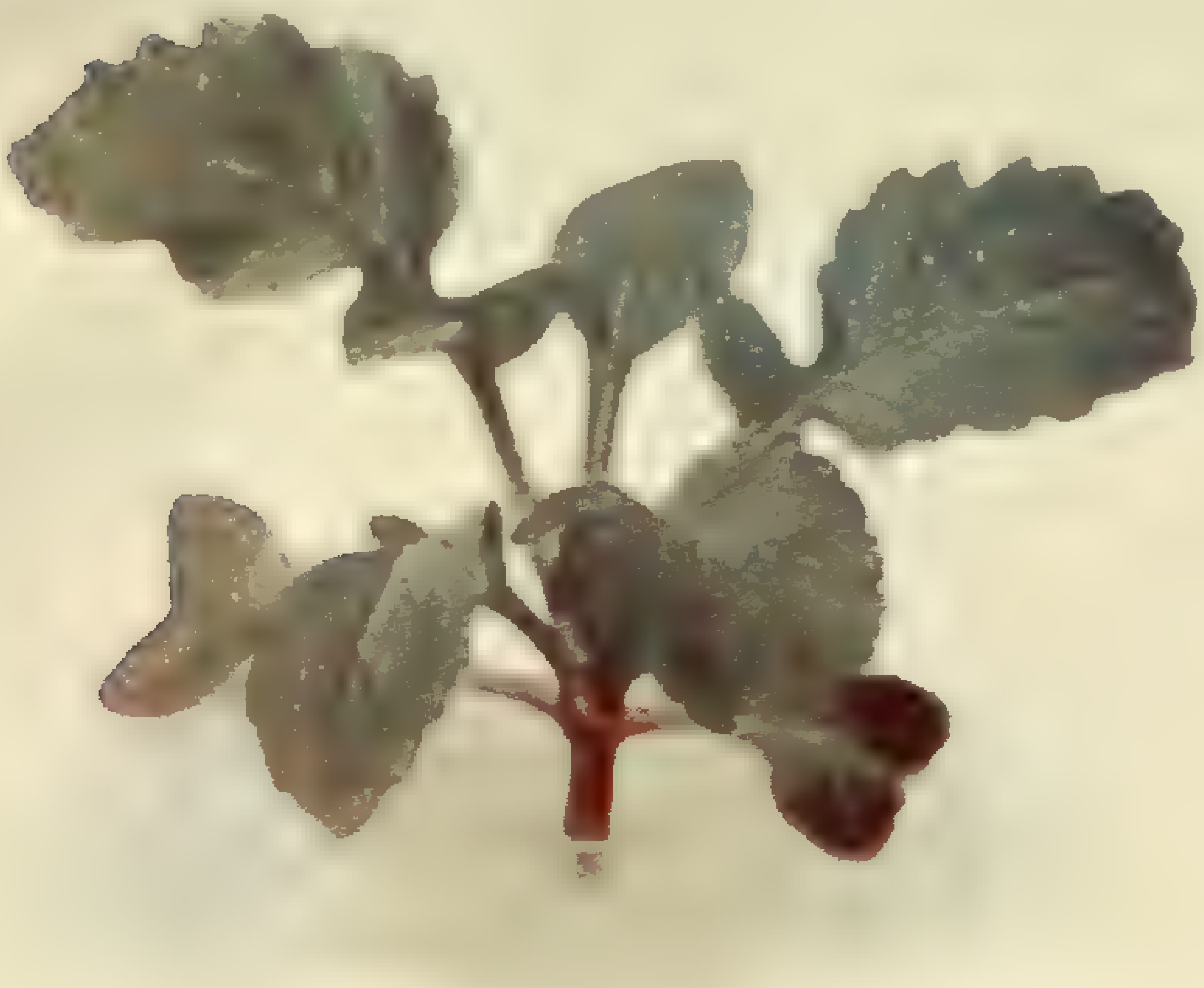
4



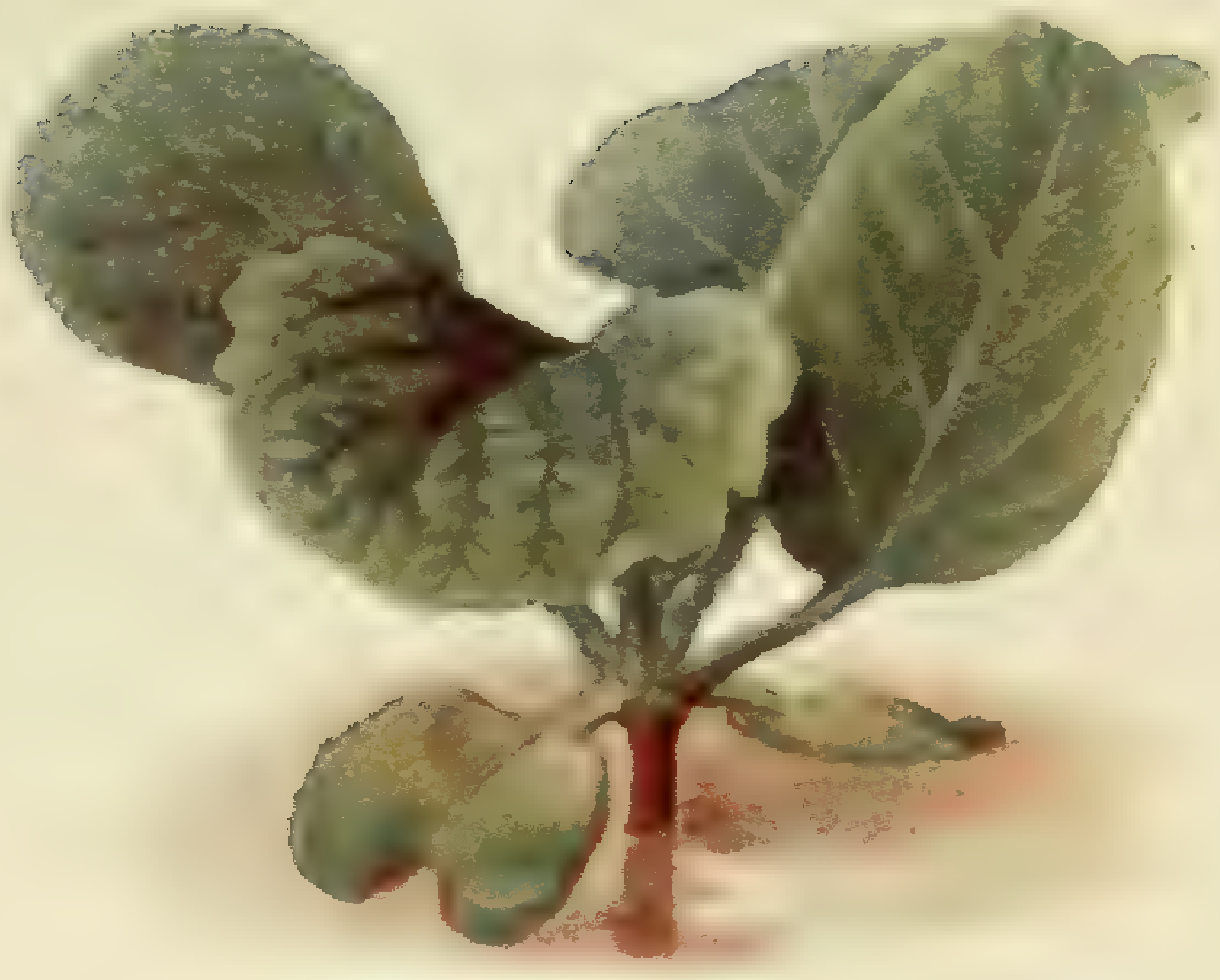
5

Millot pinx. *Bertin phot.*

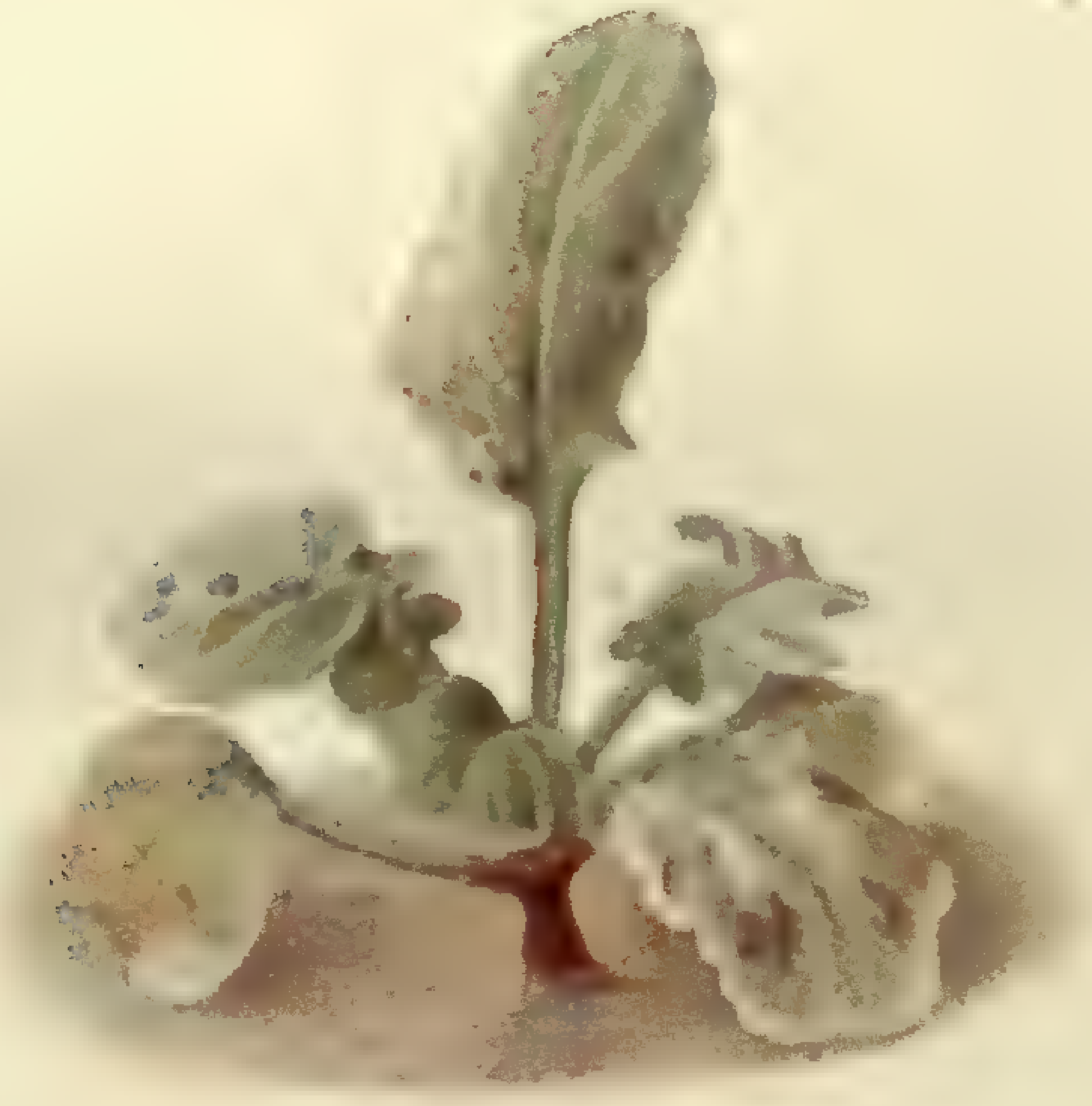
Raphanus sativus L.



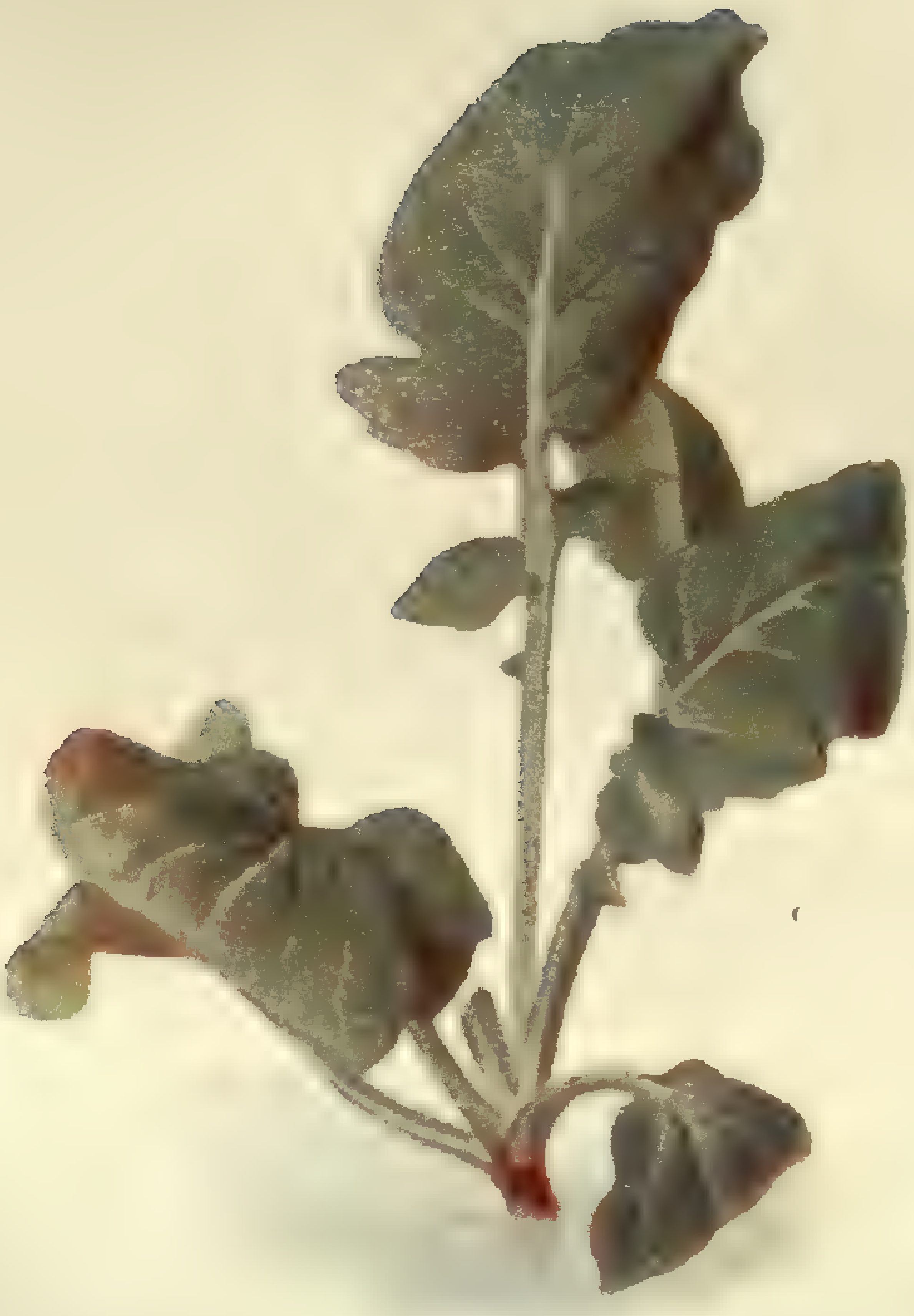
6



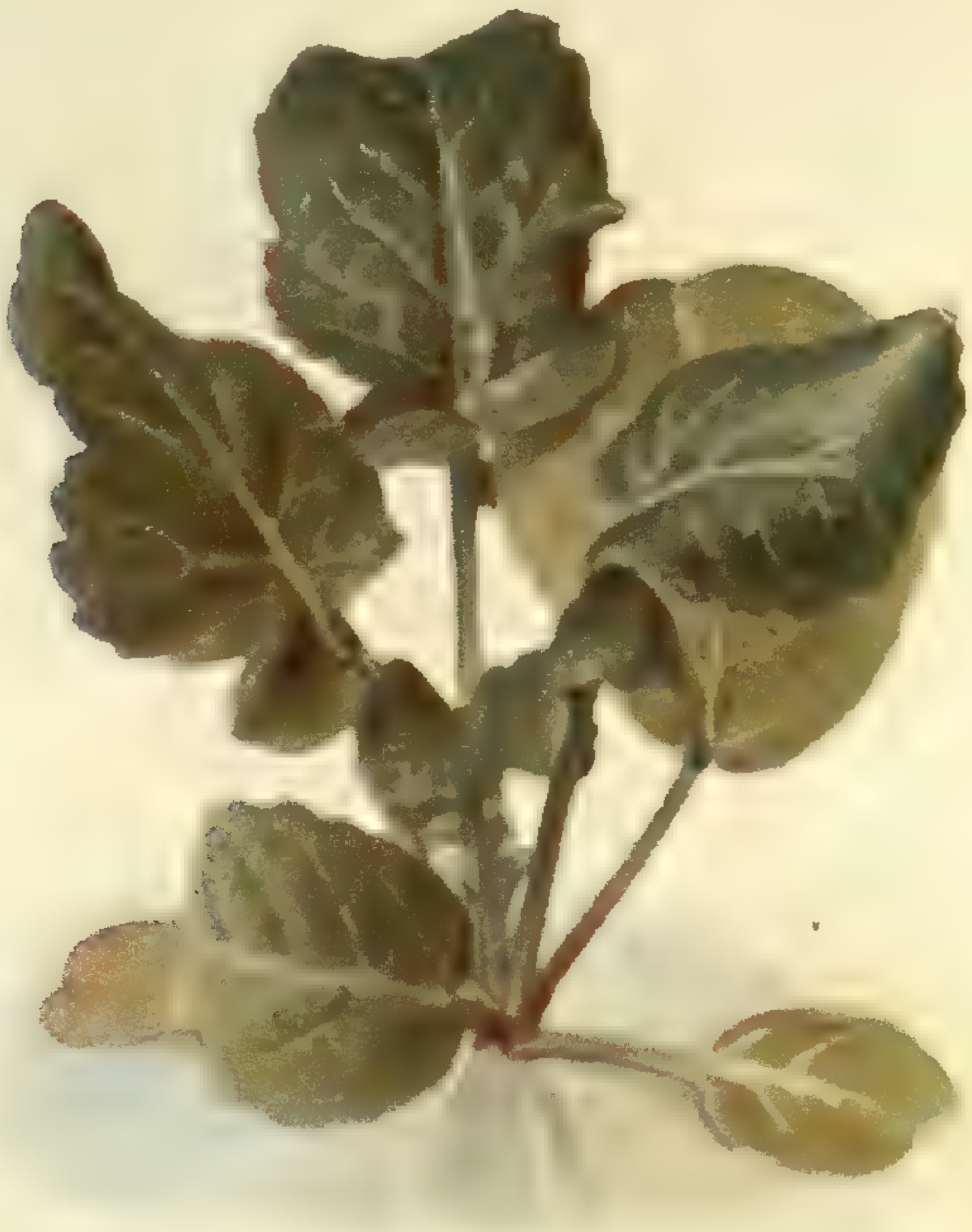
7



8



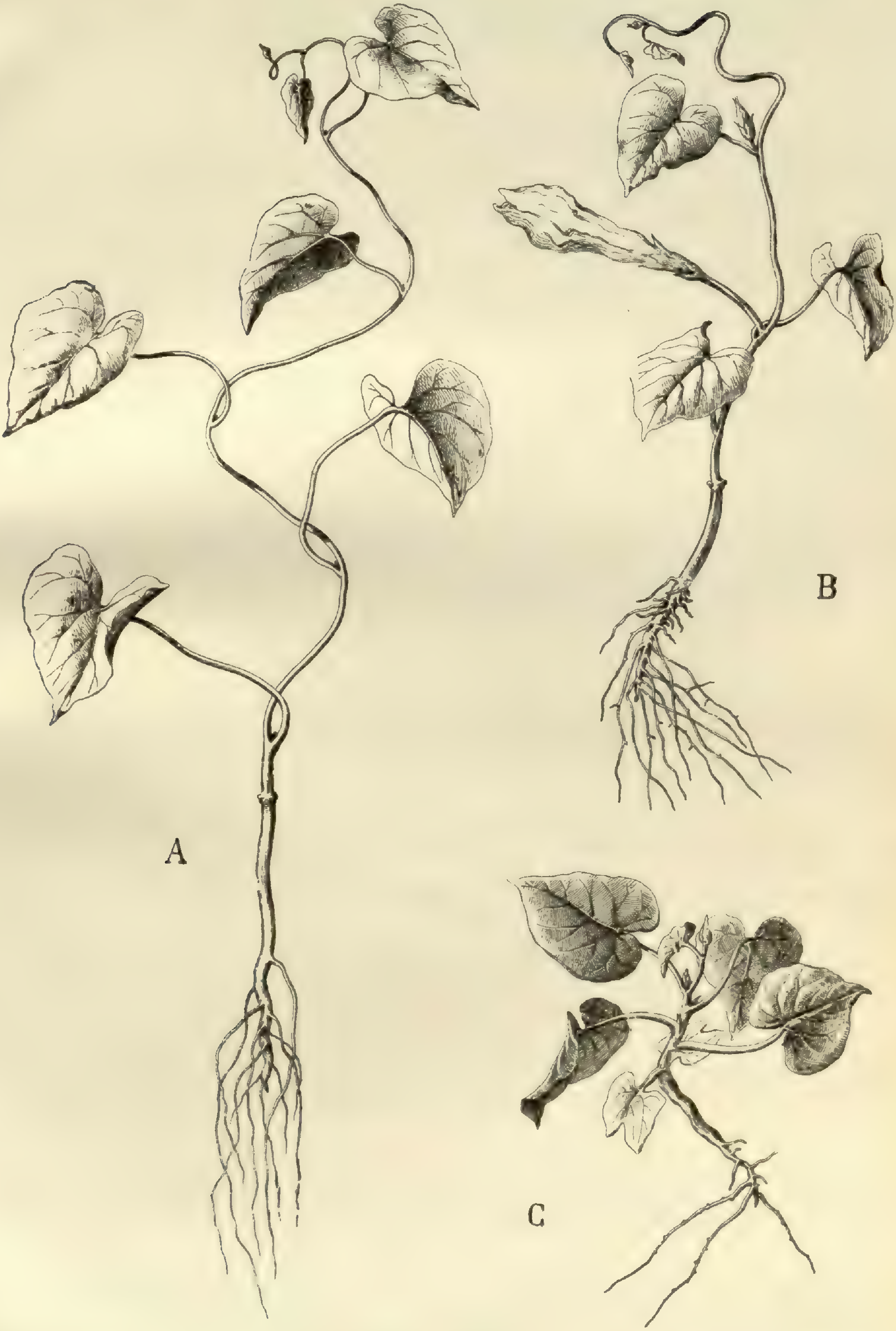
9



10

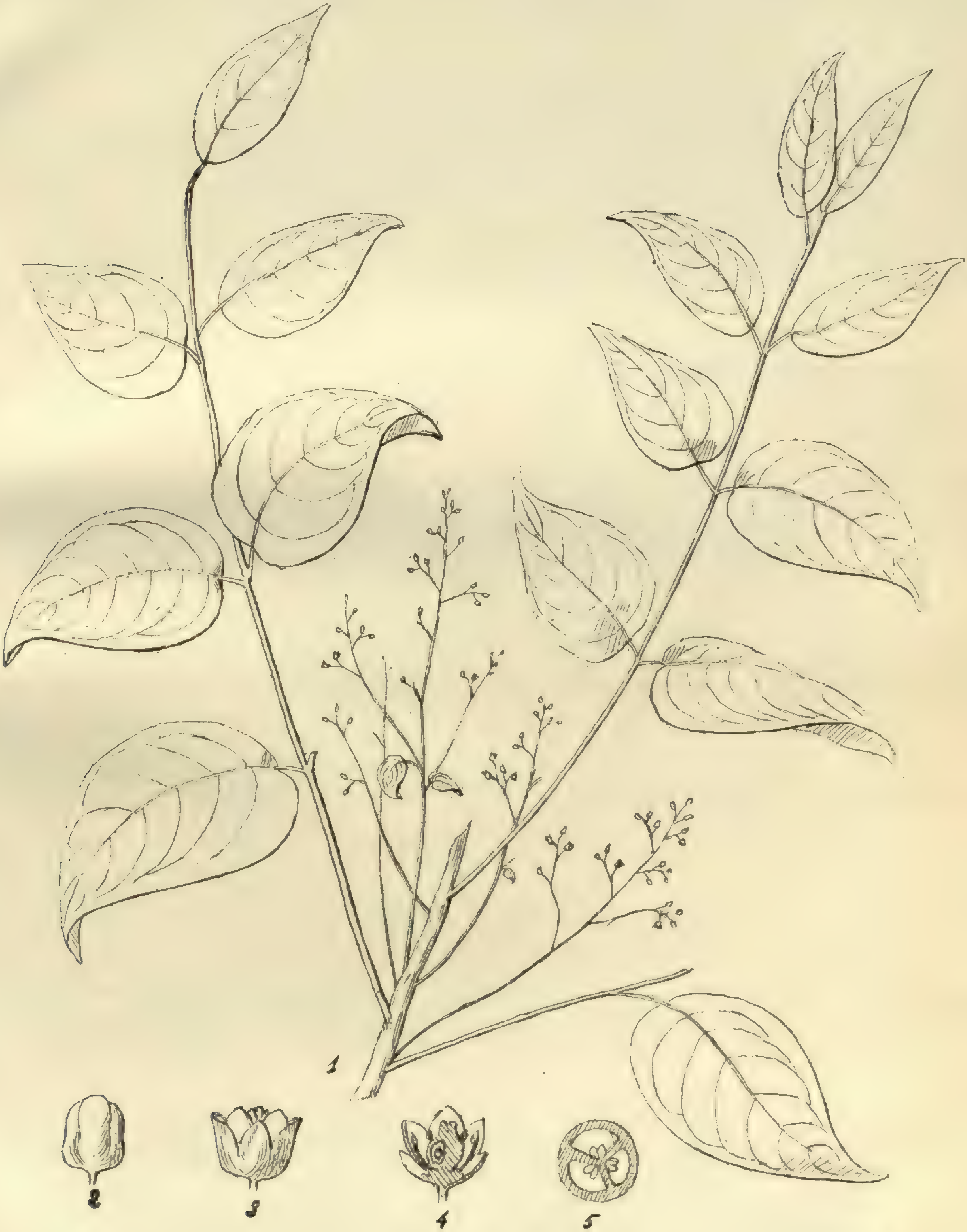
Millot pinx. *Bertin phot.*

Raphanus sativus L.



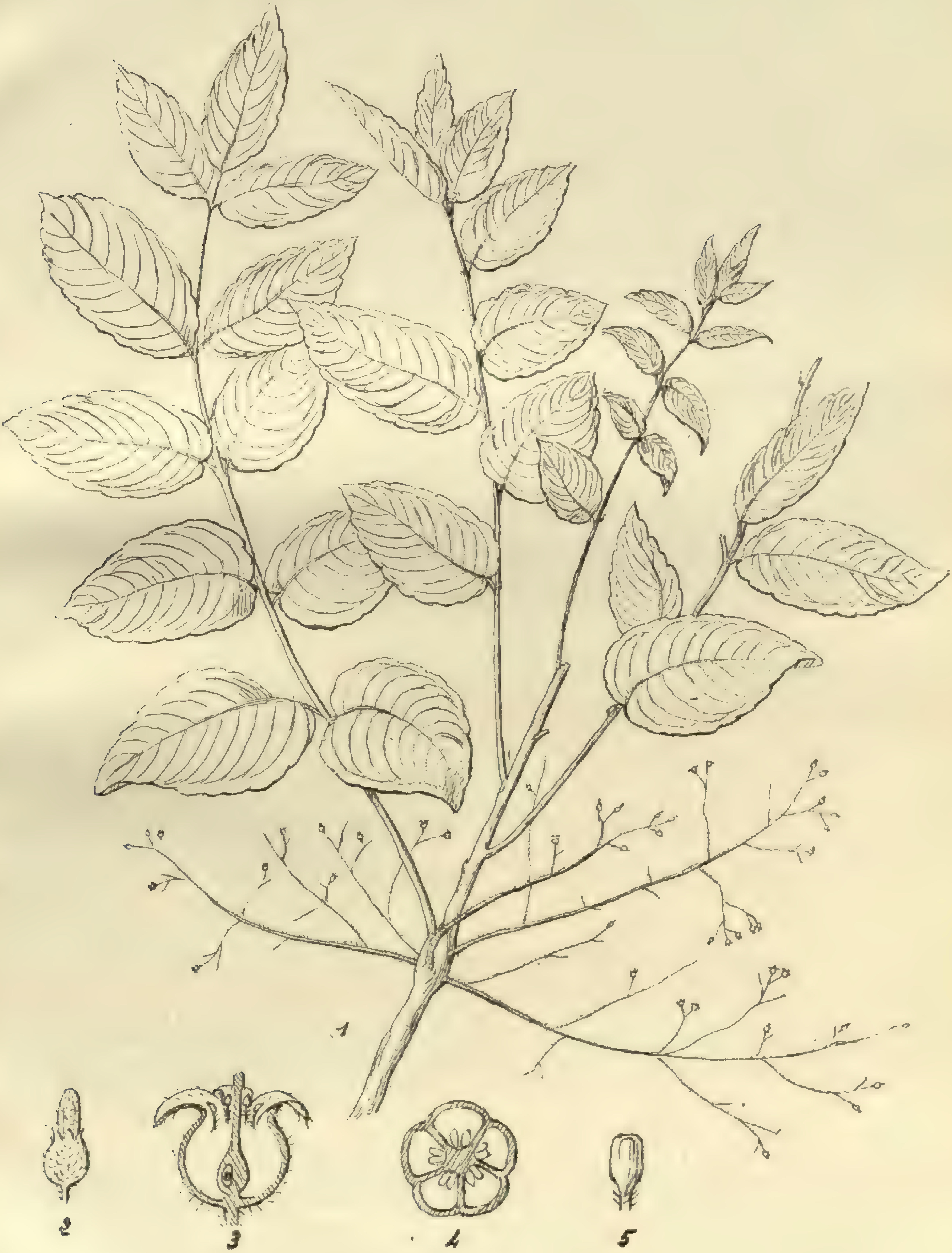
J. Poinsot del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. *Bertin sc.*

Ipomœa purpurea Lamk.



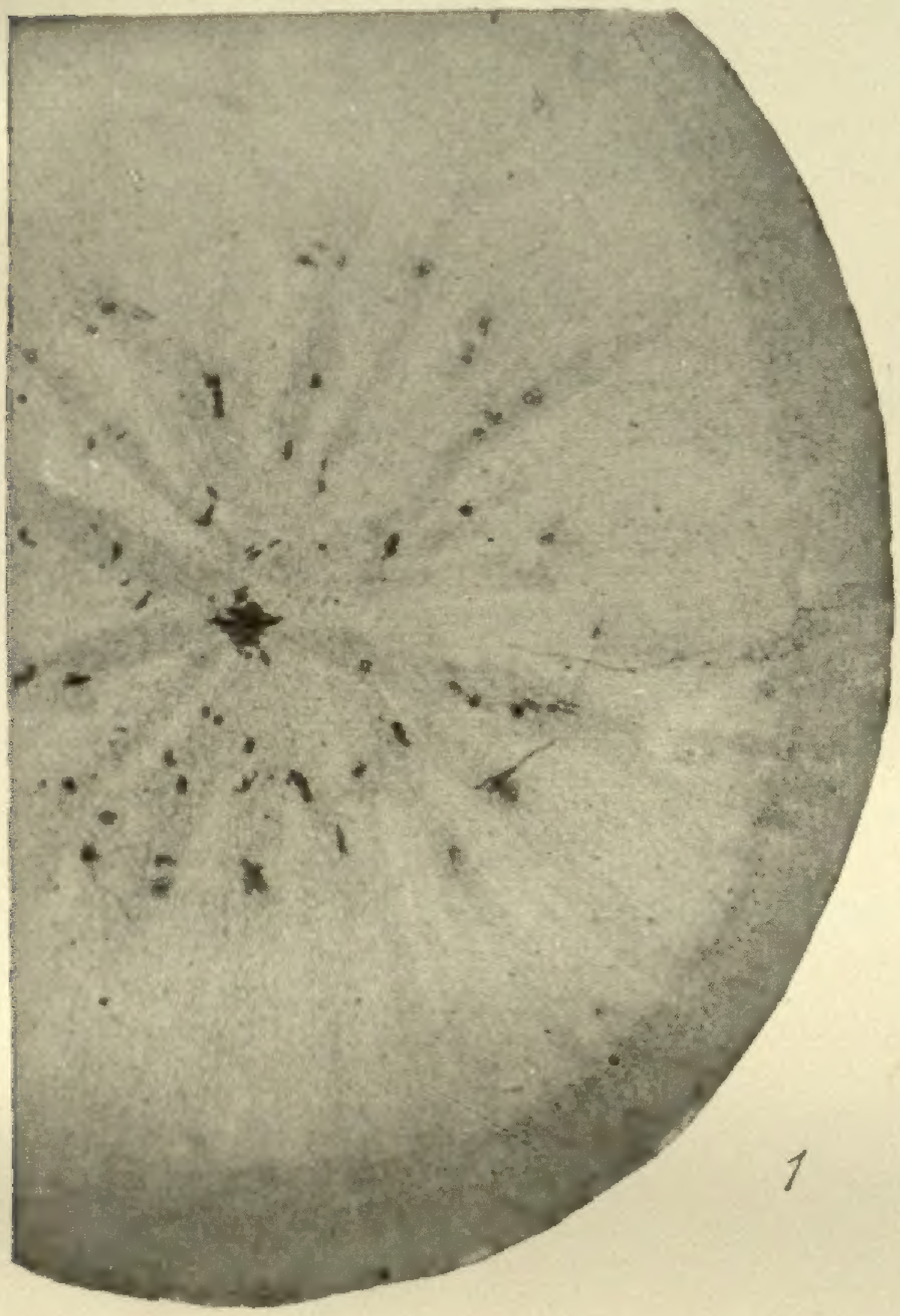
J. Hervé del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. **Bertin sc.**

Bursera tonkinensis sp. nov.

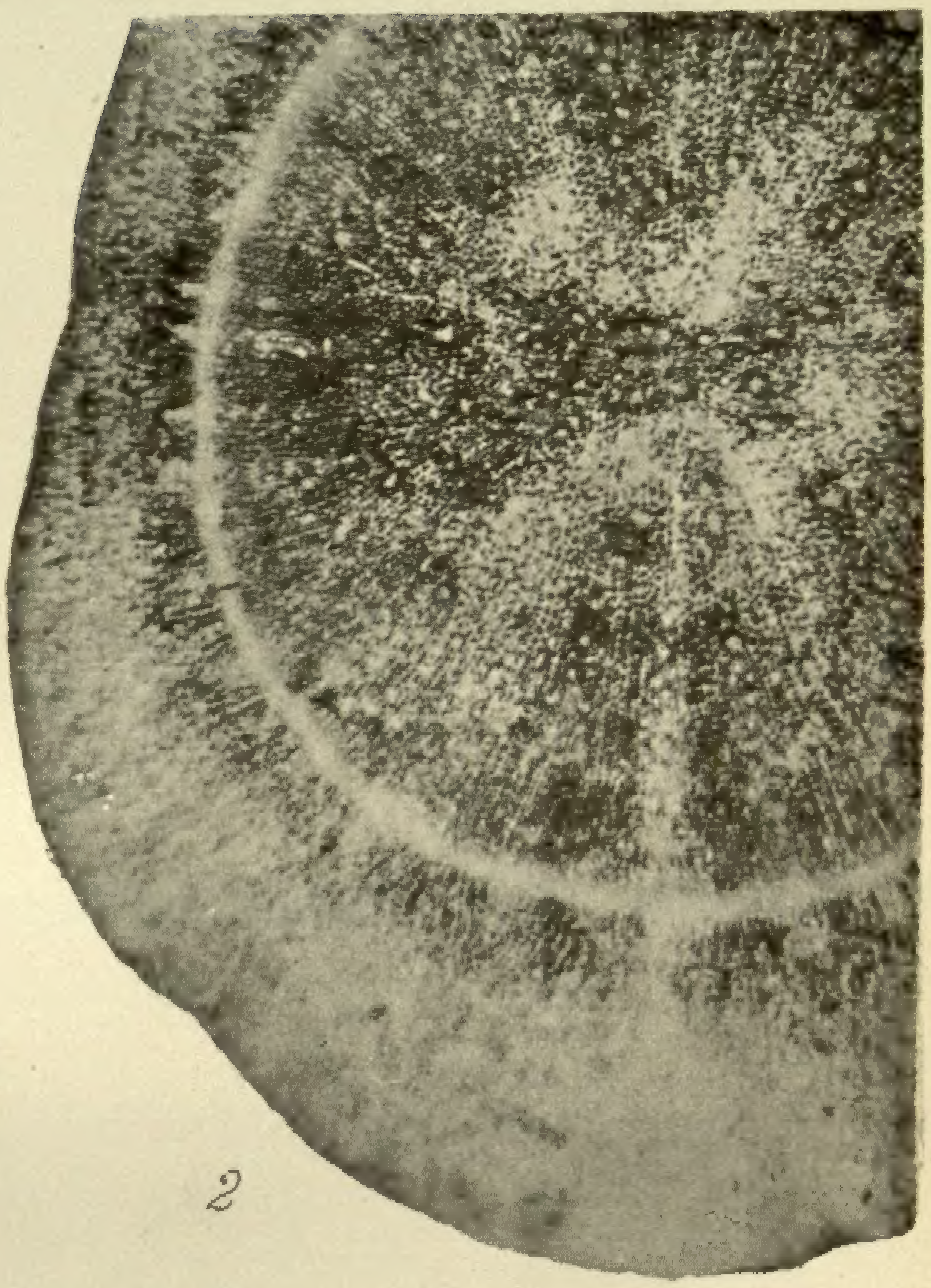


J. Hervé del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. **Berlin sc.**

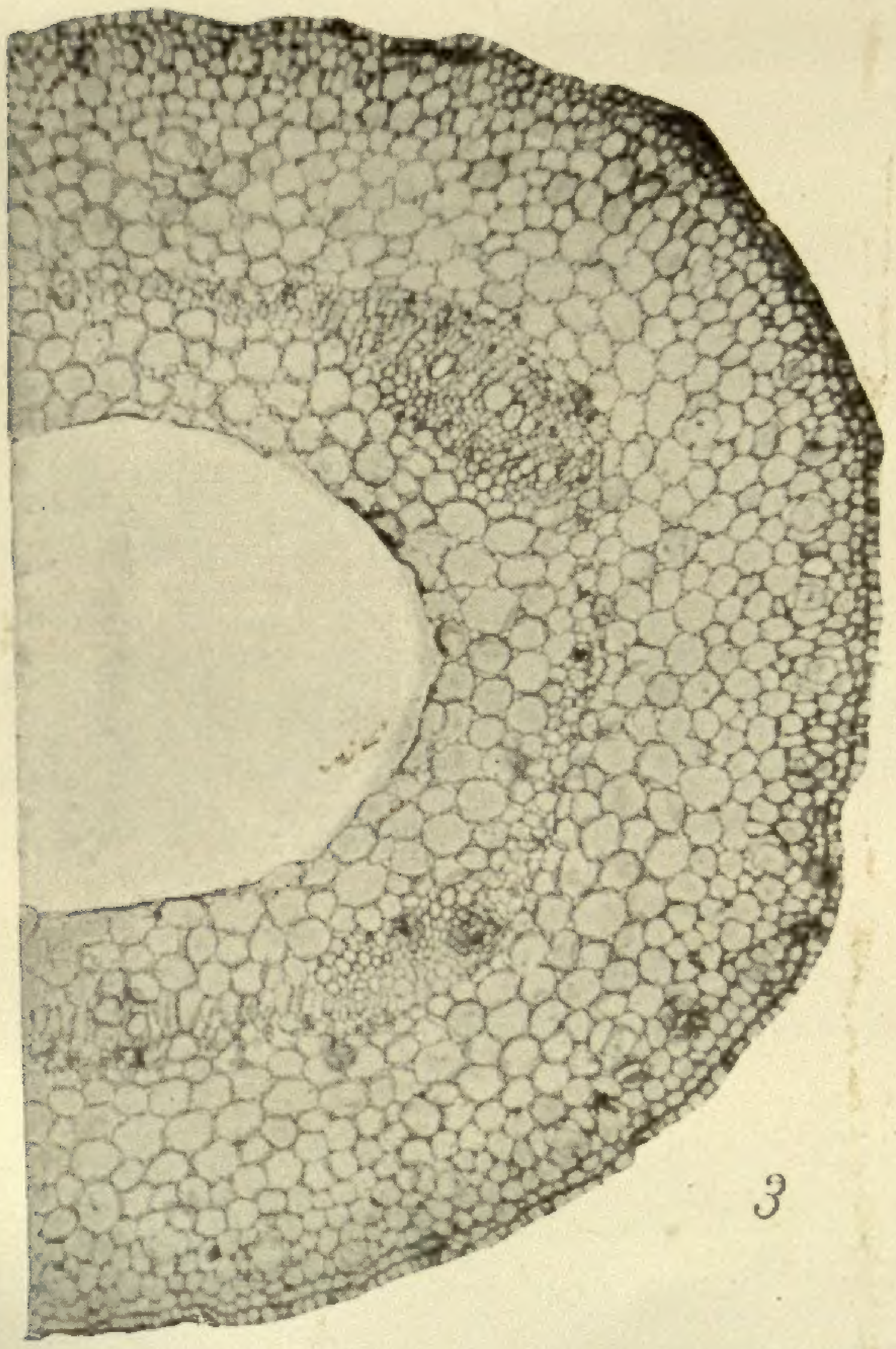
Garuga Pierrei sp. nov.



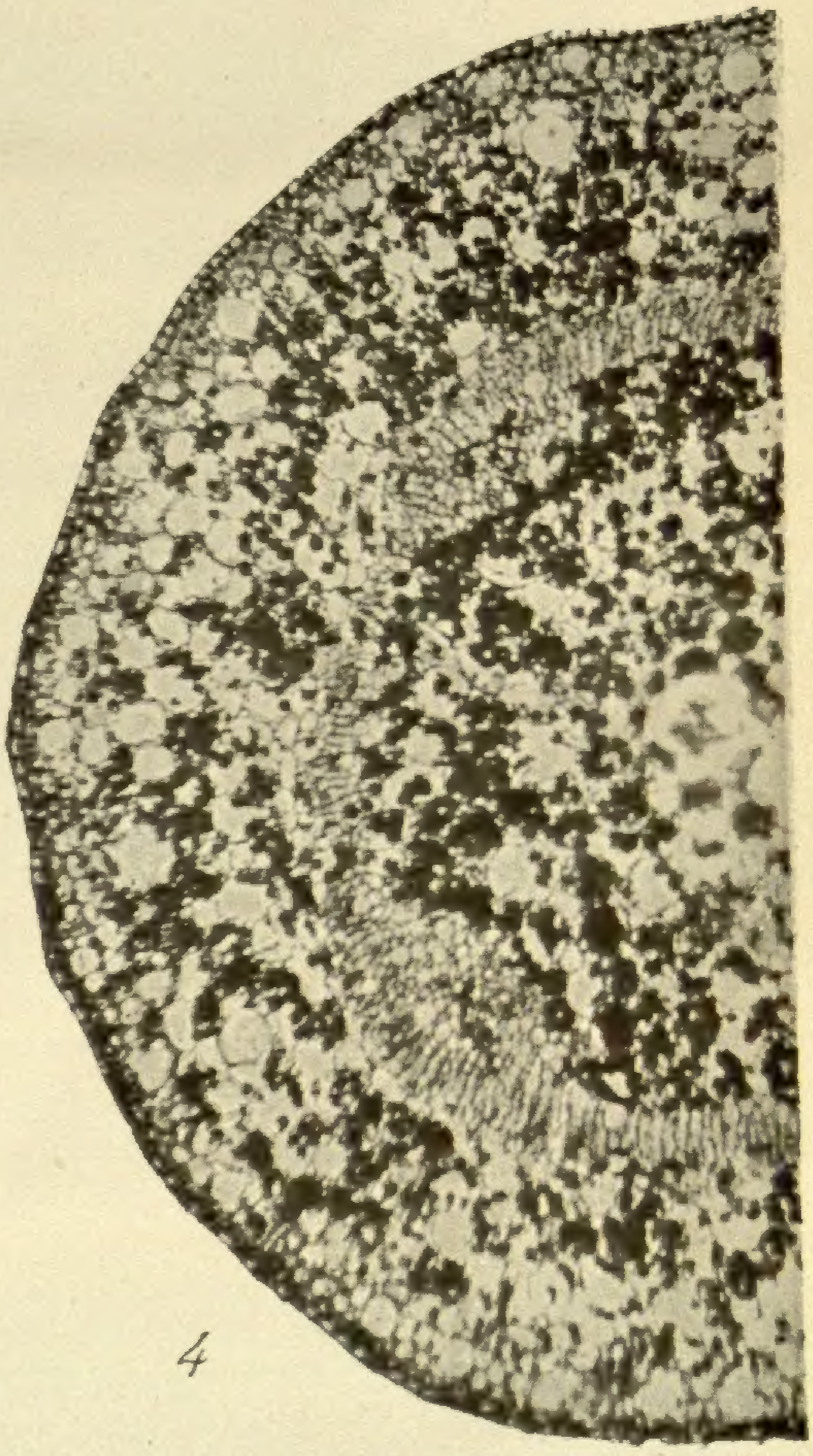
1



2



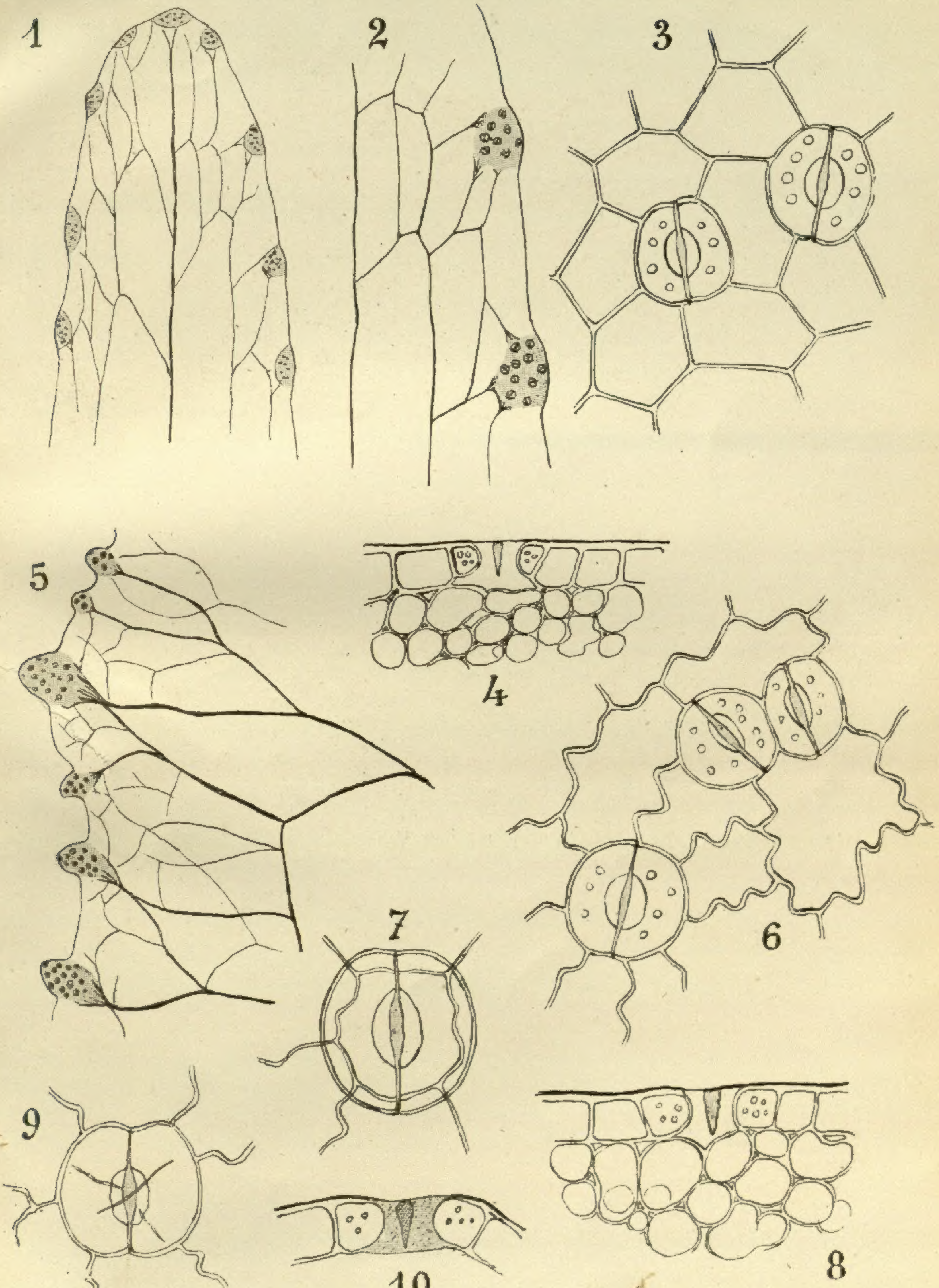
3



4

Auct. phot. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. **Berlin sc.**

Raphanus sativus L. (*1.2*); *Ipomæa purpurea* LAMK. (*3.4*).


1
2
3
5
4
6
7
9
10
8

Tswett del. LILLE.—LE BIGOT FRÈRES. **Bertin sc.**

Hydathodes des Lobéliacées.

9 5/16 x 6 1/8

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME DIX-NEUVIÈME

Livraison du 15 Janvier 1907

N° 217

Entered at the New-York Post Office
as Second Class matter.

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
1907

LIVRAISON DU 15 JANVIER 1907

Pages

I. — REMARQUES SUR L'APPAREIL SÉCRÉTEUR DU FRUIT DES OMBELLIFÈRES A PROPOS D'UN FRUIT ANORMAL DE FENOUIL (avec figures dans le texte), par **M. Maurice Thouvenin**. . . . 5

II. — RECHERCHES SUR LA RESPIRATION DE LA FLEUR AUX DIFFÉRENTS STADES DE SON DÉVELOPPEMENT, par **M. A. Maige** 8

III. — RECHERCHES SUR LA NAISSANCE DES FEUILLES ET SUR L'ORIGINE FOLIAIRE DE LA TIGE (avec planches et figures dans le texte), par **M. Léon Flot** (*suite*). 29

IV. — REVUE DES TRAVAUX D'ANATOMIE, parus de 1897 à 1902 (avec figures dans le texte), par **M. H. Ricôme** (*suite*). 42

Cette livraison renferme en outre quatorze figures dans le texte.

Pour le mode de publication et les conditions d'abonnement, voir à la troisième page de la couverture.

Pour tout ce qui concerne les Annonces, s'adresser à Monsieur l'Administrateur de la Librairie générale de l'Enseignement, 1, rue Dante, Paris (V).